



KERJA PRAKTEK - RC14-1371

## **TUTORIAL PROGRAM HEC-RAS UNTUK ANALISA HIDROLIKA SISTEM DRAINASE**

DINI NABILA MARTIANI                      NRP. 031 117 4000 0041

MELATHI JULIYA P. P                      NRP. 031 117 4000 0090

Dosen Pembimbing

Dr. Mahendra Andiek Maulana, ST . MT

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2020

# LEMBAR PENGESAHAN

## LAPORAN TUGAS PENGGANTI KERJA PRAKTEK

### TUTORIAL PROGRAM HEC-RAS UNTUK ANALISA HIDROLIKA SISTEM DRAINASE

DINI NABILA MARTIANI                      NRP. 031 117 4000 0041

MELATHI JULIYA PUTRI P.                      NRP. 031 117 4000 0090

Surabaya, Desember 2020

Menyetujui,

Dosen Pembimbing



Dr. Mahendra Andiek Maulana, ST . MT

NIP. 19840409 200912 1 005

Mengetahui,

Sekretaris Departemen I

Bidang Akademik dan Kemahasiswaan

Departemen Teknik Sipil FTSPK – ITS



Dita Imanata, ST, MT PhD

NIP. 19800430 200501 1 002

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat Rahmat-Nya penyusun dapat menyelesaikan Laporan Tugas Pengganti Kerja Praktik yang berjudul **“Tutorial Program HEC-RAS untuk Analisa Hidrolika Evaluasi Sistem Drainase”** tepat pada waktunya. Adapun maksud dari penyusunan Laporan Tugas Pengganti Kerja Praktik ini adalah untuk memenuhi salah satu persyaratan akademis dalam melaksanakan pendidikan Sarjana di Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Penyusunan Laporan Tugas Pengganti Kerja Praktik ini merupakan salah satu wujud pengaplikasian dari mata kuliah Kerja Praktik. Dalam penyusunan laporan ini, kami telah mendapat bimbingan dan pengarahan serta bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penulisan laporan ini, khususnya Bapak Dr. Mahendra Andiek Maulana, ST .MT selaku dosen pembimbing kami

Demikianlah Laporan Tugas Pengganti Kerja Praktik ini dibuat, semoga dapat memberikan manfaat bagi pembaca khususnya bagi mahasiswa/i Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, Desember 2020

Penyusun

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR .....	v
BAB 1 .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Objek Kerja Praktik.....	1
1.3    Tujuan Penulisan .....	3
1.4    Batasan Masalah.....	3
1.5    Sumber Data Penulisan .....	3
1.6    Metode Penulisan .....	3
1.7    Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2 .....	5
TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1    Drainase.....	5
2.1.1    Macam-macam Drainase .....	6
2.2    Hidrologi dan Hidrolika .....	8
2.2.1    Hidrologi .....	8
2.1.2    Hidrolika .....	9
2.3    Curah Hujan .....	10
2.4    Debit Banjir Rancangan .....	11
2.5    HEC-RAS.....	12
2.6    Persamaan Hidrolika pada HEC-RAS.....	13
2.6.1    Persamaan Energi.....	13
2.6.2    Kehilangan Tinggi Energi.....	14
2.6.3    Kapasitas Angkut Tampang.....	15
2.6.5    Kehilangan Tinggi Energi karena Gesekan .....	16
2.6.6    Koefisien Penyempitan dan Pelebaran Tampang .....	17
2.6.7    Energi Kinetik Rata-Rata .....	17
2.6.8    Koefisien Manning (n) untuk Saluran Utama.....	18
2.6.9    Penentuan Kedalaman Kritis.....	20
2.6.10    Hitungan Profil Muka Air Aliran Permanen.....	22

2.6.11	Syarat Batas Kedalaman Aliran di Ujung Hilir Saluran .....	23
2.6.12	Kondisi Batas di HEC-RAS.....	24
BAB 3	.....	26
PEMBAHASAN	.....	26
3.1	Pembuatan File Project.....	26
3.2	Pembuatan Geometri Saluran.....	28
3.3	Memasukkan Data Cross Section.....	31
3.4	Memasukkan Data Aliran.....	34
3.5	<i>Running</i> program HEC-RAS.....	36
3.6	Output dari analisa HEC-RAS .....	38
BAB 4	.....	47
PENUTUP	.....	47
4.1	Kesimpulan.....	47
4.2	Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA	.....	49

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Saluran pada Jalan Pemuda sampai Jalan Empugandring .....	2
Gambar 1.2 Tampak Saluran di Jalan Empugandring .....	2
Gambar 1.3 Tampak Saluran di Jalan Pemuda .....	2
Gambar 2.1 Drainase Permukaan Tanah .....	6
Gambar 2.2 Sketsa Drainase Bawah Permukaan Tanah .....	6
Gambar 2.3 Sketsa Kolam Tampungan .....	7
Gambar 2.4 Siklus Hidrologi .....	9
Gambar 2.5 Sketsa Aliran Steady dan Unsteady .....	10
Gambar 2.6 Model Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu .....	11
Gambar 2.7 Model Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Snyder .....	12
Gambar 2.8 Diagram Persamaan Energi .....	14
Gambar 2.9 Pembagian Tampang untuk Keperluan Hitungan Kapasitas Angkut .....	16
Gambar 2.10 Hitungan Tinggi Energi Kinetik Rata-Rata di Suatu Tampang .....	17
Gambar 2.11 Definisi Kemiringan Saluran untuk Perhitungan Komposit $n_c$ .....	19
Gambar 2.12 Diagram Total Energi H dengan Elevasi WS .....	21
Gambar 2.13 Syarat Batas Muka Air di Ujung Hilir Saluran .....	24
Gambar 3.1. Pilihan Menu New Project pada HEC-RAS .....	26
Gambar 3.2 Tampilan Create Folder pada HEC-RAS .....	27
Gambar 3.3 Penulisan Judul Project pada HEC-RAS .....	28
Gambar 3.4 Tampilan Geometri Data pada HEC-RAS .....	29
Gambar 3.5 Penamaan Sungai pada HEC-RAS .....	30
Gambar 3.6 Tampilan Anak Panah Arah Aliran pada HEC-RAS .....	31
Gambar 3.7 Tampilan Add New Cross Section pada HEC-RAS .....	32
Gambar 3.8. Tampilan Input Data Cross Section pada HEC-RAS .....	33
Gambar 3.9. Data yang Diinput pada Cross Section HEC-RAS .....	34
Gambar 3.10. Tampilan Setelah Save Geometri Data pada HEC-RAS .....	34
Gambar 3.11. Tampilan Option Steady Flow Data pada HEC-RAS .....	35
Gambar 3.12. Input Data Normal Depth pada HEC-RAS .....	35
Gambar 3.13. Tampilan setelah Save Flow Data pada HEC-RAS .....	36
Gambar 3.14. Tampilan Option Steady Flow Analysis pada HEC-RAS .....	36
Gambar 3.15. Tampilan Saat Running Program HEC-RAS .....	37
Gambar 3.16. Tampilan Setelah Running HEC-RAS .....	38
Gambar 3.17. Tampilan Grafis Muka Air pada Penampang Melintang Saluran Hasil .....	38

Analisis Hidrolika Dengan Program HEC-RAS .....	38
Gambar 3.18. Tampilan Grafis Muka Air pada Penampang Memanjang Seluruh Saluran Hasil Analisis Hidrolika Dengan Program HEC-RAS .....	39
Gambar 3.19. Tampilan Hasil Grafik Velocity pada HEC-RAS .....	40
Gambar 3.20. Hasil Rating Curve pada Salah Satu Station .....	41
Gambar 3.21. Output Tabel Cross Section pada HEC-RAS .....	41
Gambar 3.22. Tabel Hasil Analisa Hidrolika Keseluruhan Station .....	42
Gambar 3.23. Tampilan untuk Mengedit Jenis Tabel Output yang dipilih .....	43
Gambar 3.24. Tampilan Grafis Muka Air pada Penampang Memanjang Seluruh Saluran Hasil Analisis Hidrolika Dengan Program HEC-RAS pada Simulasi Critical Depth .....	44
Gambar 3.24. Tampilan Grafis Muka Air pada Penampang Memanjang Seluruh Saluran Hasil Analisis Hidrolika Dengan Program HEC-RAS pada Simulasi Known W.S. ....	45
Gambar 3.24 Grafik Rating Curve Saluran.....	46
Gambar 3.25. Tampilan Grafis Muka Air pada Penampang Memanjang Seluruh Saluran Hasil Analisis Hidrolika Dengan Program HEC-RAS pada Simulasi Rating Curve.....	46

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pertumbuhan penduduk menyebabkan menimbulkan tekanan terhadap ruang dan lingkungan untuk kebutuhan perumahan, industri, dan fasilitas lainnya, yang dapat mengubah lahan terbuka menjadi lahan terbangun. Perubahan tata guna lahan menjadi kawasan pemukiman maupun pusat kegiatan manusia menyebabkan air tidak meresap dengan maksimal ke dalam tanah sehingga sebagian besar akan melimpas. Apabila kesempatan meresap berkurang, sebagian besar air menjadi air permukaan, masuk ke dalam alur sungai dan menambah debit sungai. Dalam kondisi ekstrim ada kemungkinan alur sungai tak mampu dilewati aliran dan terjadilah peluapan yang disebut banjir. Karena hal tersebut saluran drainase harus dirancang sedemikian rupa sehingga air yang melimpas tersebut tidak menjadikan masalah seperti banjir.

Terdapat dua faktor yang menyebabkan terjadinya banjir, yaitu faktor alam dan faktor manusia. Dari faktor alam, banjir dapat terjadi karena perubahan iklim dan intensitas curah hujan yang tinggi. Sedangkan dari faktor manusia, banjir terjadi akibat pembuangan sampah secara sembarangan, penebangan hutan, perubahan daerah resapan menjadi pemukiman, dan juga kurangnya perawatan terhadap sistem drainase. Banjir yang terjadi dapat mengakibatkan kerugian ekonomi maupun sosial bagi masyarakat yang terdampak.

Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi sistem drainase agar permasalahan banjir dan genangan serta segala akibat yang timbul karenanya dapat segera dikurangi atau bila mungkin dihilangkan.

### **1.2 Objek Kerja Praktik**

Pada Laporan Tugas Pengganti Kerja Praktik ini, objek adalah saluran drainase pada Jalan Pemuda sampai Jalan Empugandring, Mergelo, Kecamatan Magersari, Kota Mojokerto, Jawa Timur





**Gambar 1.1** Saluran pada Jalan Pemuda sampai Jalan Empugandring



**Gambar 1.2** Tampak Saluran di Jalan Empugandring



**Gambar 1.3** Tampak Saluran di Jalan Pemuda

### **1.3 Tujuan Penulisan**

Penulisan Laporan Tugas Pengganti Kerja Praktik ini secara umum bertujuan untuk:

1. Mengetahui cara untuk mengevaluasi sistem drainase dengan aplikasi HEC-RAS

### **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam Laporan Tugas Pengganti Kerja Praktik ini adalah sebagai berikut:

1. Tidak dilakukan perhitungan Analisa curah hujan
2. Tidak dilakukan perhitungan debit banjir rancangan
3. Analisa simulasi aliran banjir pada HEC-RAS dengan metode *steady flow*

### **1.5 Sumber Data Penulisan**

Data yang dipakai dalam penyusunan Laporan Tugas Pengganti Kerja Praktik ini adalah data sekunder. Data sekunder merupakan data dari dokumen-dokumen yang diperoleh dari proyek, jurnal, dan buku referensi terkait yang digunakan.

### **1.6 Metode Penulisan**

Metode penulisan yang digunakan pada penulisan Laporan Tugas Pengganti Kerja Praktik ini menggunakan 2 metode, yakni:

1. Studi Literatur, yaitu dengan mempelajari teori-teori yang berhubungan dengan topik bahasan melalui studi kepustakaan.
2. Konsultasi, yaitu melakukan berbagai tanya jawab dengan beberapa pihak yakni dosen pembimbing dan pihak-pihak lain yang juga memahami materi topik tinjauan.

### **1.7 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan Laporan Tugas Pengganti Kerja Praktik ini adalah sebagai berikut :

- **BAB 1 PENDAHULUAN**

Menjabarkan perihal yang berkaitan dengan latar belakang, tujuan penulisan, batasan masalah, sumber data penulisan, metode penulisan serta sistematika penulisan dalam penyusunan Laporan Tugas Pengganti Kerja Praktik.

- **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Mengulas mengenai pengertian drainase, hidrologi, hidrolika, curah hujan, debit banjir, serta HEC-RAS.

- **BAB 3 PEMBAHASAN**

Menjabarkan cara mengevaluasi sistem drainase menggunakan aplikasi HEC-RAS.

- **BAB 4 PENUTUP**

Berisi kesimpulan dan saran dari Laporan Tugas Pengganti Kerja Praktik.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Drainase**

Menurut Dr. Ir Suripin, M. Eng (2004) drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang atau mengalirkan air. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai suatu jaringan saluran air yang berfungsi untuk mengurangi atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan, sehingga Kawasan tersebut dapat difungsikan secara optimal dan dapat mencegah terjadinya genangan di suatu Kawasan. Bentuk-bentuk penampang saluran drainase yaitu, trapesium, segitiga, persegi, dan setengah lingkaran. Pada tugas ini, bentuk penampang yang dipakai yaitu persegi.

Komponen sistem drainase secara umum, yaitu:

1. DAS/SUB DAS
2. Jaringan saluran
3. Pembuangan akhir
4. Bangunan perlengkapan atau fasilitas drainase (gorong-gorong, pintu air, pompa, terjunan, kolam retensi, fasilitas drainase jalan

Drainase memiliki beberapa tujuan, antara lain sebagai berikut:

1. Untuk meningkatkan Kesehatan lingkungan pemukiman
2. Dapat mengurangi genangan air yang dapat menyebabkan bersarangnya nyamuk malaria dan penyakit lainnya
3. Memperbaiki kualitas lingkungan
4. Konservasi sumber daya alam
5. Untuk memperpanjang umur ekonomis sarana-sarana fisik antara lain: jalan, Kawasan permukiman, Kawasan perdagangan dari kerusakan serta gangguan kegiatan akibat tidak berfungsinya sarana drainase
6. Menghindari bahaya dan kerusakan yang disebabkan oleh limpasan banjir

### 2.1.1 Macam-macam Drainase

Berdasarkan letak salurannya, drainase dibedakan menjadi dua, yaitu drainase permukaan tanah dan drainase bawah permukaan tanah.

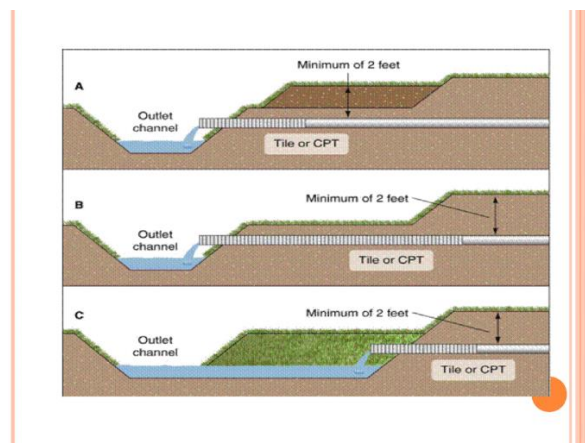
#### a. Drainase Permukaan Tanah (*Surface Drainage*)



**Gambar 2.1** Drainase Permukaan Tanah

Saluran drainase yang berada di atas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan. Sifat aliran mengikuti aliran di saluran terbuka (*open channel flow*). Bentuk penampang saluran dapat bermacam-macam. Pada drainase ini, pengawasannya mudah tetapi saluran seperti ini mudah tercemar oleh sedimen, sampah, maupun kotoran lain.

#### b. Drainase Bawah Permukaan Tanah (*Subsurface Drainage*)



**Gambar 2.2** Sketsa Drainase Bawah Permukaan Tanah

Saluran drainase yang bertujuan mengalirkan air limpasan permukaan melalui media di bawah permukaan tanah (pipa). Biasanya drainase ini dibangun karena alasan-

alasan tertentu, antara lain tuntutan artistik, tuntutan fungsi permukaan tanah yang tidak membolehkan adanya saluran di permukaan tanah seperti lapangan sepak bola, lapangan terbang, taman, dan lain sebagainya.

Berdasarkan cara pengalirannya, drainase terbagi sebagai berikut:

a. Sistem Gravitasi

Air mengalir secara gravitasi, yaitu mengandalkan beda tinggi antara muka air di hulu dan di hilir. Sistem ini dipakai bila kemiringan medan cukup baik dan permukaan air di pembuangan akhir lebih rendah daripada muka air di saluran primer.

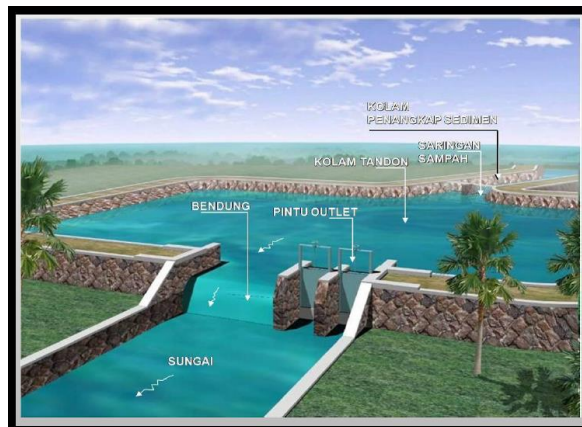
b. Sistem Pompa

Sistem ini dipilih apabila pada waktu tertentu muka air di pembuangan akhir lebih tinggi daripada muka air di saluran, sehingga air tidak bisa mengalir secara gravitasi.

c. Sistem Polder

Sistem ini diterapkan pada daerah yang lebih rendah dari sekitarnya. Daerah tersebut diisolasi dari kemungkinan masuknya air dari luar atau daerah sekitar yang lebih tinggi. Aliran dari saluran-saluran drainase ditampung di kolam penampung, selanjutnya dikeluarkan dengan menggunakan pompa.

d. Kolam Tampungan Sementara (Boezem. Retarding Basin, Pond)



**Gambar 2.3** Sketsa Kolam Tampungan

Sistem ini diterapkan apabila aliran secara gravitasi tidak dapat dilakukan akibat muka air pembuangan akhir lebih tinggi daripada muka air di saluran. Pada sistem ini, aliran ditampung sementara pada kolam, sambil menunggu muka air hilir turun atau segera dibuang menggunakan pompa.

## **2.2 Hidrologi dan Hidrolika**

Analisa hidrologi dan hidrolika sangat penting dalam perencanaan saluran drainase, yang akan diuraikan sebagai berikut:

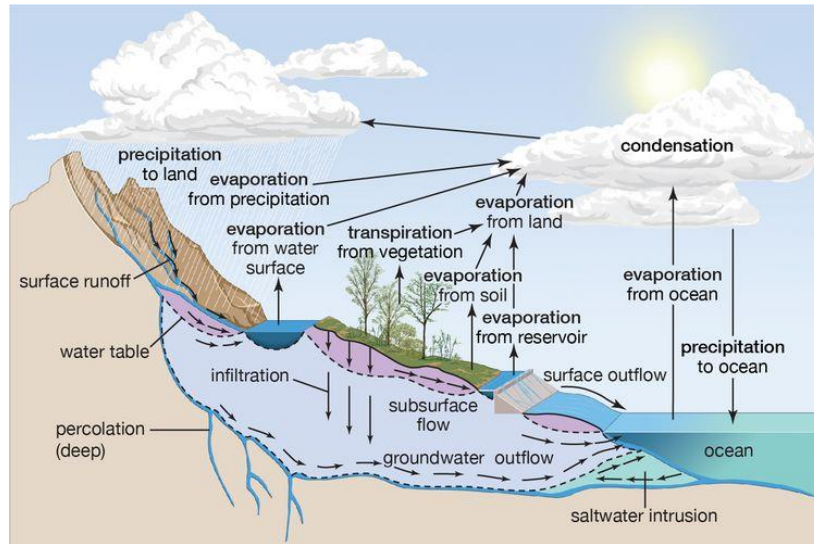
### **2.2.1 Hidrologi**

Pengertian hidrologi menurut definisi Singh (1992), mengatakan bahwa pengertian hidrologi adalah ilmu yang membahas karakteristik menurut waktu dan ruang tentang kuantitas dan kualitas air di bumi termasuk proses hidrologi, pergerakan, penyebaran, sirkulasi tampungan, eksplorasi, pengembangan dan manajemen. Menurut definisi Marta dan Adidarma (1983) dalam pengertian hidrologi yang mengatakan bahwa hidrologi adalah ilmu yang mempelajari tentang terjadinya pergerakan dan distribusi air di bumi baik diatas maupun di bawah permukaan bumi, tentang sifat kimia dan fisika air dengan reaksi terhadap lingkungan dan hubungannya dengan kehidupan. Sedangkan menurut Ray K. Linsley dalam Yandi Hermawan (1986) pengertian hidrologi adalah ilmu yang membicarakan tentang air yang ada di bumi yaitu mengenai kejadian, perputaran dan pembagiannya, sifat fisika dan kimia serta reaksinya terhadap lingkungan termasuk hubungan dengan kehidupan.

Hidrologi dipelajari orang untuk memecahkan masalah-masalah yang berhubungan dengan keairan, seperti manajemen air, pengendalian banjir, dan perencanaan bangunan air. Hidrologi biasanya lebih diperuntukkan untuk masalah-masalah air di daratan. Analisa hidrologi digunakan untuk memprediksi debit air yang masuk pada kala ulang tertentu, biasanya 5 tahun atau 10 tahun untuk daerah komersial.

Air di bumi ini mengulangi terus menerus sirkulasi-penguapan, presepitasi dan pengaliran keluar (*outflow*). Air menguap ke udara dari permukaan tanah dan laut, berubah menjadi awan dan sesudah melalui beberapa proses dan kemudian jatuh sebagai hujan atau salju ke permukaan laut atau daratan. Sebelum tiba ke permukaan bumi sebagian langsung menguap ke udara dan Sebagian tiba ke permukaan bumi. Tidak semua bagian hujan yang jatuh ke permukaan bumi mencapai permukaan tanah. Sebagian akan tertahan oleh tumbuhan-tumbuhan dimana sebagian akan menguap dan sebagian lagi akan jatuh atau mengalir melalui dahan-dahan ke permukaan tanah. Sirkulasi air tersebut disebut dengan sirkulasi hidrologi, secara lengkapnya dapat digambarkan pada gambar 2.4 berikut.





**Gambar 2.4** Siklus Hidrologi

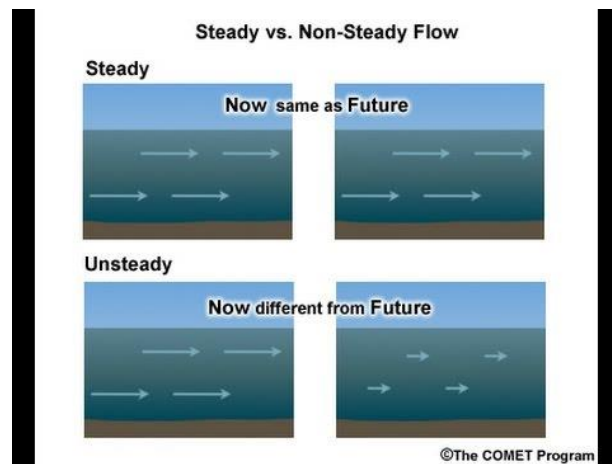
Data hidrologi sangat penting untuk melakukan perencanaan drainase. Data hidrologi salah satunya adalah data hujan yang digunakan untuk menganalisis jumlah debit yang ada. Data hujan diambil dari stasiun hujan yang kemudian diurutkan menurut fungsi waktu sehingga merupakan data deret berkala.

### 2.1.2 Hidrolika

Hidrolika adalah bagian dari “hidrodinamika” yang terkait dengan gerak air atau mekanika aliran. Hidrolika merupakan satu topik dalam Ilmu terapan dan keteknikan yang berurusan dengan sifat-sifat mekanis fluida, yang mempelajari perilaku aliran air secara mikro maupun makro. Topik bahasan hidrolika membentang dalam banyak aspek sains dan disiplin keteknikan, mencakup konsep-konsep seperti aliran tertutup (pipa), perancangan bendungan, pompa, turbin, tenaga air, hitungan dinamika fluida, pengukuran aliran, serta perilaku aliran saluran terbuka seperti sungai dan selokan.

Analisa hidrolika digunakan untuk menentukan kapasitas saluran dengan memperhatikan sifat-sifat hidrolika yang terjadi pada saluran drainase tersebut. Sifat-sifat tersebut meliputi jenis aliran (*steady* atau *unsteady*), angka kekasaran (*mannings*) dan sifat alirannya (kritis, subkritis dan superkritis).





**Gambar 2.5** Sketsa Aliran Steady dan Unsteady

Steady flow adalah aliran yang mana kondisi alirannya (kecepatan, tekanan, densitas, dsb) tidak berubah dengan waktu. Sebaliknya, unsteady flow adalah aliran dimana kondisi alirannya berubah dengan waktu. Sementara itu, aliran dikatakan kritis apabila bilangan Froude ( $F$ ) sama dengan satu (1), sedangkan aliran disebut subkritis atau kadang-kadang dinamakan aliran tenang (*trianguil flow*) apabila  $F < 1$  dan disebut superkritis atau aliran cepat (*rapid flow*) apabila  $F > 1$ .

### 2.3 Curah Hujan

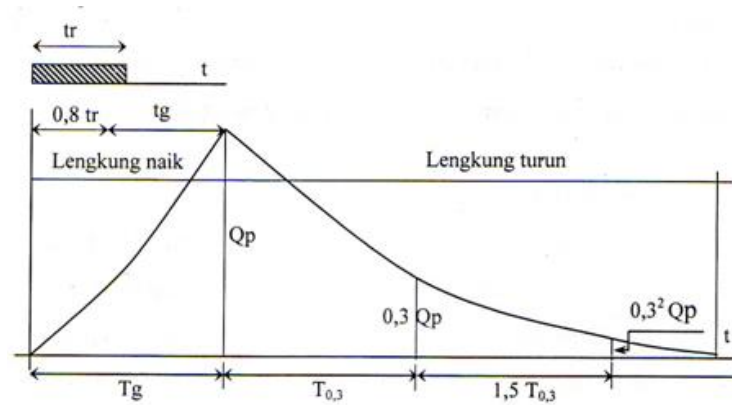
Curah hujan yang diperlukan untuk menyusun suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah/daerah dan dinyatakan dalam milimeter. Curah hujan ini harus diperkirakan dari beberapa titik pengamatan curah hujan. (Sosrodarsono, 2003:27).

Curah hujan daerah dapat diperkirakan dari beberapa titik pengamatan curah hujan pada daerah yang ditinjau. Cara-cara yang biasa digunakan antara lain metode rata – rata aljabar, polygon Thiessen, dan metode Isohyet. Lalu untuk menganalisa probabilitas curah hujan biasanya dipakai beberapa distribusi yaitu: Distribusi Normal, Log Normal, Gumbel, dan Log Pearson Type III.

Untuk mengetahui apakah data curah hujan tersebut benar sesuai dengan jenis sebaran teoritis yang dipilih maka perlu dilakukan pengujian lebih lanjut. Untuk keperluan analisis uji kesesuaian dipakai dua metode yaitu: Uji Chi Kuadrat dan Uji Smirnov Kolmogorof.

## 2.4 Debit Banjir Rancangan

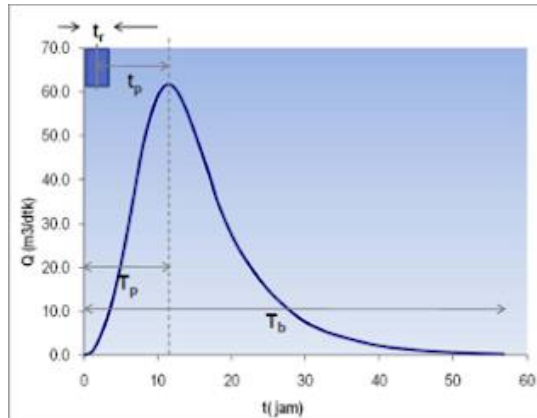
Debit banjir rancangan adalah debit maksimum yang mungkin terjadi pada suatu daerah dengan peluang kejadian tertentu. Untuk menaksir banjir rancangan digunakan cara hidrograf satuan yang didasarkan oleh parameter dan karakteristik daerah pengalirannya. Teori hidrograf satuan merupakan suatu cara perhitungan yang relatif sederhana dan cukup teliti. Beberapa metode perhitungan hidrograf satuan sintetik diantaranya: Metode Nakayasu dan Snyder. Debit banjir rancangan ini nantinya akan digunakan dalam penentuan kapasitas saluran drainase.



**Gambar 2.6** Model Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu

Metode Nakayasu adalah metode yang dikembangkan oleh Nakayasu dari Jepang. Rumus hidrograf sintesis dibuat dari hasil penelitian yang dilakukan berdasarkan hidrograf satuan pada beberapa sungai dari Jepang. Parameter yang diperlukan dalam analisis menggunakan metoda Nakayasu antara lain :

- Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak hidrograf (Time to Peak Magnitude).
- Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (Time to Lag).
- Tenggang waktu hidrograf (Time Base of Hydrograph)
- Luas daerah pengaliran (Catchment Area).
- Panjang alur sungai utama terpanjang (Length of The Longest Channel).
- Koefisien pengaliran (Run off Coefficient).



**Gambar 2.7** Model Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Snyder

Metode Snyder adalah metode yang dikembangkan oleh F.F. Snyder dari Amerika Serikat pada tahun 1938. Metode Snyder merupakan metode pendekatan dengan rumus berdasarkan koefisien-koefisien empiris yang menghubungkan unsur-unsur hidrograf satuan dengan karakteristik daerah pengaliran. Unsur-unsur hidrograf tersebut dihubungkan dengan luas daerah pengaliran, panjang aliran utama, jarak antara titik berat daerah pengaliran dengan pelepasan (outlet) yang diukur sepanjang aliran utama.

## 2.5 HEC-RAS

HEC-RAS adalah aplikasi yang diberikan secara *freeware* oleh *Hydrologic Engineering Center Us Army*. Aplikasi HEC-RAS ini menitik beratkan pada analisa Hidraulika pada sebuah Sungai / River Analysis Sistem, lain halnya dengan aplikasi serupa yang di keluarkan yaitu HEC-HMS yang menitik beratkan kepada analisa Hidrologinya. Data hujan yang digunakan oleh input HEC-RAS bisa didapatkan dengan aplikasi HEC-HMS yang fungsinya sebagai analisis Hidrologi.

Analisis hidrolika penampang saluran dihitung dengan menggunakan program HEC-RAS. Dengan analisis ini dapat diketahui elevasi muka air pada penampang saluran saat suatu debit air melalui saluran tersebut. Analisis yang dilakukan oleh HEC-RAS adalah analisis Aliran *Steady*, *Unsteady* dan *Sediment Transport*. Aliran *Steady* adalah sebuah aliran di mana jumlah cairan yang mengalir per detik melalui bagian apapun, adalah konstan. Aliran *Steady* pun di bagi menjadi 2, yaitu *Uniform Flow* dan *Non Uniform Flow*. Sedangkan *UnSteady Flow* adalah sebuah aliran di mana jumlah cairan yang mengalir per detik melalui bagian apapun, adalah tidak konstan.

Di dalam program HEC-RAS, kumpulan data tergabung di dalam proyek sistem saluran. Penggunaan program ini dapat dilakukan berbagai macam tipe analisa tentang pemodelan untuk formulasi beberapa rencana yang berbeda. Masing-masing rencana mewakili kumpulan data geometri dan data aliran. Setelah data awal dimasukkan dalam HEC-RAS, pemodelan dapat dengan mudah memformulasikan rencana baru. Setelah simulasi selesai dibuat untuk berbagai macam rencana, hasil simulasi dapat dibandingkan dalam bentuk tabel dan grafik yang berbeda.

Terdapat lima langkah utama dalam pembangunan model hidrolik menggunakan HEC RAS, yaitu :

1. Memulai HEC RAS
2. Pembuatan nama pekerjaan
3. Memasukkan data geometri
4. Memasukkan data debit (*steady flow*) dan kondisi batas
5. Running program (*steady flow*)

## **2.6 Persamaan Hidrolika pada HEC-RAS**

Hitungan hidrolika aliran di dalam HEC-RAS dilakukan dengan membagi aliran ke dalam dua kategori, yaitu aliran permanen dan aliran tak permanen. HEC-RAS menggunakan metode hitungan yang berbeda untuk masing-masing kategori aliran tersebut.

Untuk aliran permanen, HEC-RAS memakai persamaan energi kecuali di tempat-tempat yang kedalaman alirannya melewati kedalaman kritis. Di tempat terjadi loncat air, pertemuan alur, dan aliran dangkal melalui jembatan, HEC-RAS memakai persamaan (kekekalan) momentum. Di tempat terjadi terjunan, aliran melalui peluap, dan aliran melalui bendung, HEC-RAS memakai persamaan-persamaan empiris.

Untuk aliran tak permanen, HEC-RAS memakai persamaan kekekalan massa (*continuity, conservation of mass*) dan persamaan momentum. Kedua persamaan dituliskan dalam bentuk persamaan diferensial parsial, yang kemudian diselesaikan dengan metode finite difference approximation berskema implisit.

### **2.6.1 Persamaan Energi**

Untuk aliran permanen, HEC-RAS menghitung profil muka air di sepanjang alur urut dari satu tampang lintang ke tampang lintang berikutnya. Muka air dihitung dengan memakai

persamaan energi yang diselesaikan dengan metode yang dikenal sebagai standard step method. Persamaan energi antara dua tampang lintang dituliskan dalam bentuk berikut

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (2.1)$$

Arti variabel-variabel dalam persamaan di atas adalah:

$Y_1, Y_2$  = kedalaman aliran,

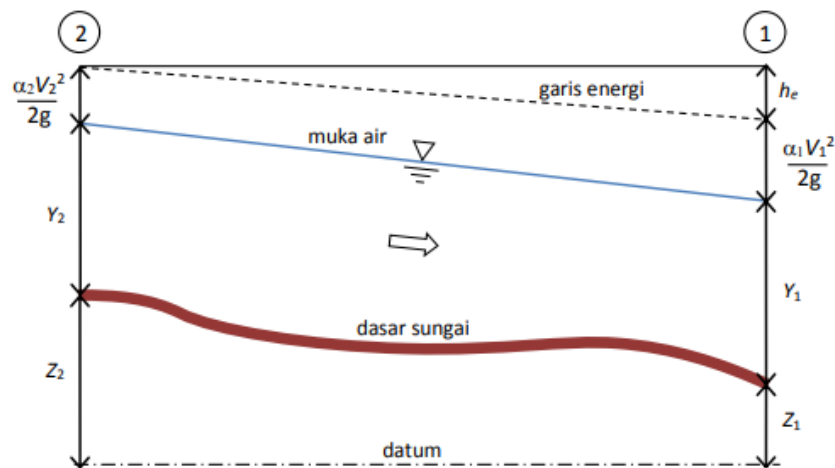
$Z_1, Z_2$  = elevasi dasar saluran,

$V_1, V_2$  = kecepatan rata-rata (debit dibagi luas tampang basah),

$\alpha_1, \alpha_2$  = koefisien,

$g$  = percepatan gravitasi,

$h_e$  = kehilangan tinggi energi.



**Gambar 2.8** Diagram Persamaan Energi

### 2.6.2 Kehilangan Tinggi Energi

Kehilangan (tinggi) energi,  $h_e$ , di antara dua tampang lintang terdiri dari dua komponen, yaitu kehilangan energi karena gesekan (*friction losses*) dan kehilangan energi karena perubahan tampang (*contraction or expansion losses*). Kehilangan energi antara tampang 2 dan 1 dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$h_e = L S_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (2.2)$$

Dalam persamaan di atas,

$L$  = panjang ruas sungai antar kedua tampang yang diberi bobot menurut debit,

$S_f$  = *representative friction slope* antar kedua tampang,

$C$  = koefisien kehilangan energi akibat perubahan tampang (kontraksi atau

ekspansi).

Panjang ruas sungai antar dua tampang yang diberi bobot sesuai dengan debit,  $L$ , dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$L = \frac{(L_{lob} \times Q_{lob}) + (L_{ch} \times Q_{ch}) + (L_{rob} \times Q_{rob})}{Q_{lob} + Q_{ch} + Q_{rob}} \quad (2.3)$$

Dalam persamaan di atas,

$L_{lob}$ ,  $L_{ch}$ ,  $L_{rob}$  = panjang ruas sungai di sisi kiri (*left overbank*), alur utama (*main channel*), dan sisi kanan (*right overbank*),

$Q_{lob}$ ,  $Q_{ch}$ ,  $Q_{rob}$  = debit yang mengalir melalui *left overbank*, *main channel*, dan *right overbank*.

### 2.6.3 Kapasitas Angkut Tampang

Kapasitas angkut dan kecepatan rata-rata di suatu tampang dihitung dengan membagi tampang menjadi beberapa bagian; di setiap bagian, kecepatan terbagi merata. Bagian-bagian tersebut dikelompokkan menjadi tiga alur yaitu alur bantaran kiri (*left overbank*), alur utama (*main channel*), dan alur bantaran kanan (*right overbank*). Alur kiri ataupun kanan dapat terdiri dari beberapa bagian, sedangkan alur utama umumnya terdiri dari satu bagian tampang. Satu nilai koefisien Manning  $n$  ditetapkan di setiap bagian tampang tersebut. Di setiap bagian tampang, kapasitas angkut dihitung dengan memakai persamaan Manning berikut

$$Q = K S_f^{1/2} \quad (2.4)$$

$$K = \frac{1}{n} A R^{2/3} \quad (2.5)$$

Dalam persamaan tersebut,

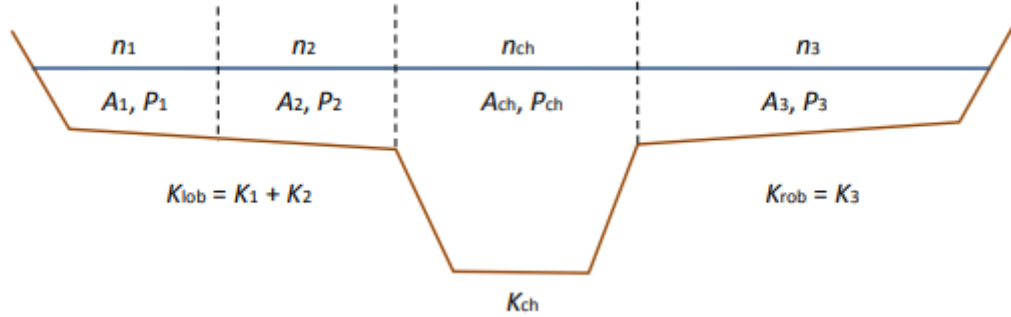
$K$  = kapasitas angkut tiap bagian tampang,

$n$  = koefisien kekasaran Manning tiap bagian tampang,

$A$  = luas tampang basah tiap bagian tampang,

$R$  = radius hidraulik tiap bagian tampang.

Kapasitas angkut total suatu tampang adalah jumlah kapasitas angkut seluruh bagian tampang (lihat Gambar 2.9).



**Gambar 2.9** Pembagian Tampang untuk Keperluan Hitungan Kapasitas Angkut

### 2.6.5 Kehilangan Tinggi Energi karena Gesekan

Kehilangan energi akibat gesekan (*friction loss*) merupakan perkalian antara kemiringan garis energi karena gesekan (*friction slope*),  $S_f$ , dan panjang ruas sungai antara dua tampang,  $L$ . Kemiringan garis energi karena gesekan (*friction slope*) di suatu tampang dihitung dengan persamaan Manning

$$S_f = \left( \frac{Q}{K} \right)^2 \quad (2.6)$$

Selain persamaan di atas, HEC-RAS memiliki opsi beberapa persamaan lain untuk menghitung *friction slope*.

#### Kapasitas Angkut Rata-Rata

$$S_f = \left( \frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2 \quad (2.7)$$

#### Friction Slope Rata-Rata

$$S_f = \frac{S_{f1} + S_{f2}}{2} \quad (2.8)$$

#### Friction Slope Rata-Rata Geometrik

$$S_f = \sqrt{S_{f1} \times S_{f2}} \quad (2.9)$$

#### Friction Slope Rata-Rata Harmonik

$$S_f = \frac{2(S_{f1} \times S_{f2})}{S_{f1} + S_{f2}} \quad (2.10)$$

### 2.6.6 Koefisien Penyempitan dan Pelebaran Tampang

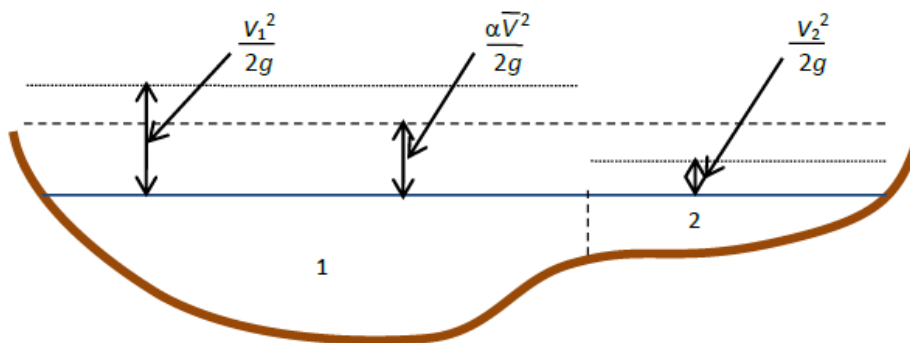
Koefisien kehilangan energi karena kontraksi dan ekspansi dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$h_e = C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (2.11)$$

Dalam persamaan tersebut C adalah koefisien kontraksi atau ekspansi. HEC-RAS menganggap aliran melewati kontraksi (persempitan tampang) apabila tinggi kecepatan hilir lebih besar daripada tinggi kecepatan hulu. Sebaliknya, ketika tinggi kecepatan hulu lebih besar daripada tinggi kecepatan hilir, HEC-RAS menganggap aliran melewati ekspansi (perlebaran tampang).

### 2.6.7 Energi Kinetik Rata-Rata

Karena HEC-RAS adalah model satu-dimensi, maka walaupun suatu tampang lintang dikelompokkan ke dalam beberapa bagian, namun hanya ada satu muka air di tampang lintang tersebut. Dengan demikian, di satu tampang hanya ada satu nilai tinggi energi kinetik (rata-rata). Untuk satu muka air, tinggi energi kinetik rata-rata dihitung dengan merata-ratakan tinggi energi kinetik di ketiga bagian tampang (left overbank, main channel, right overbank) yang diberi bobot berdasarkan debit di setiap bagian tampang. Gambar 2.11 menunjukkan contoh hitungan tinggi energi kinetik rata-rata di sebuah tampang yang dibagi menjadi right overbank dan main channel (tidak ada left overbank).



**Gambar 2.10** Hitungan Tinggi Energi Kinetik Rata-Rata di Suatu Tampang

Untuk menghitung tinggi energi kinetik rata-rata, diperlukan koefisien tinggi kecepatan,  $\alpha$ , yang dihitung dengan cara sebagai berikut:

Tinggi energi kinetik rata-rata = tinggi kecepatan yang diberi bobot sesuai dengan debit



$$\alpha \frac{\bar{V}^2}{2g} = \frac{Q_1 \frac{V_1^2}{2g} + Q_2 \frac{V_2^2}{2g}}{Q_1 + Q_2}$$

Dengan demikian:

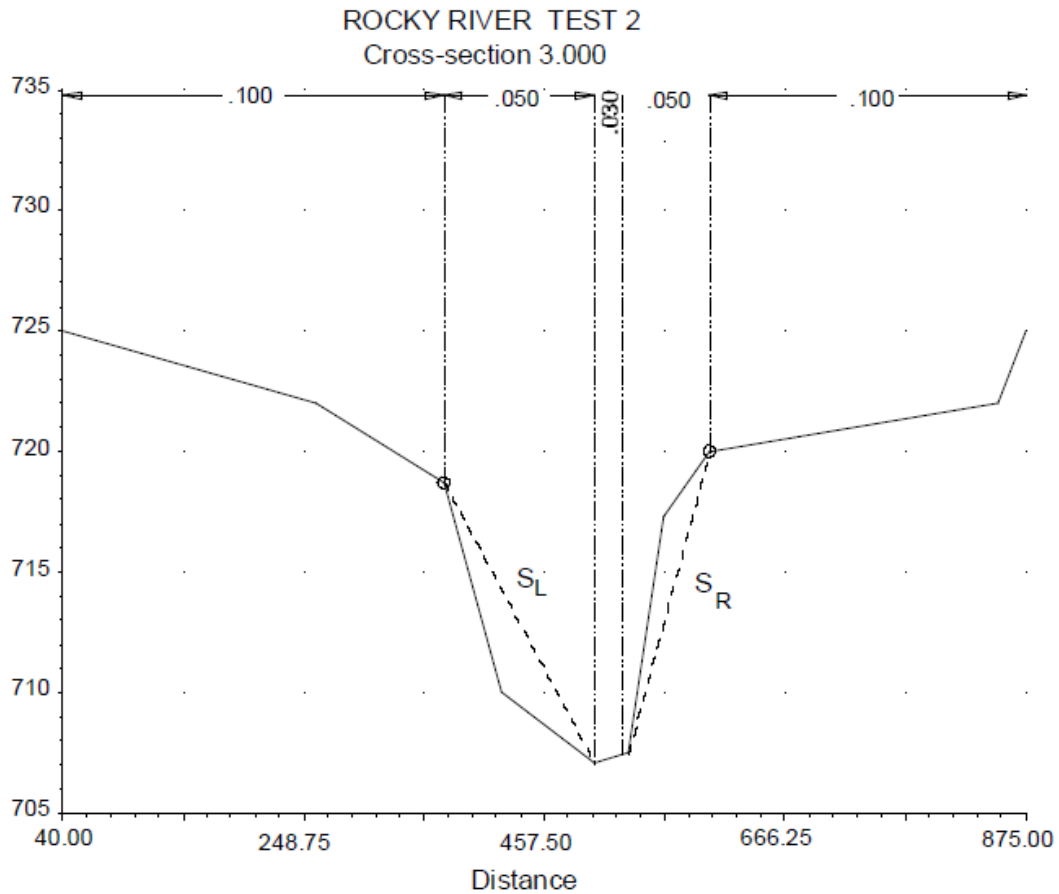
$$\alpha = \frac{Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2}{(Q_1 + Q_2) \bar{V}^2} \quad (2.13)$$

Atau pada umumnya:

$$\alpha = \frac{|Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2 + \dots + Q_N V_N^2|}{Q \bar{V}^2} \quad (2.14)$$

### 2.6.8 Koefisien Manning (n) untuk Saluran Utama

Aliran di saluran utama tidak dibagi lagi, kecuali jika koefisien kekasaran diubah di dalam area saluran. HEC-RAS menguji penerapan subdivisi kekasaran dalam bagian saluran utama penampang, dan jika tidak dapat diterapkan, program akan menghitung nilai n komposit tunggal untuk seluruh saluran utama. Program menentukan apakah bagian saluran utama dari penampang dapat dibagi lagi atau jika saluran utama komposit nilai n akan digunakan berdasarkan kriteria berikut: jika kemiringan sisi saluran utama lebih curam dari 5H:1V dan saluran utama memiliki lebih banyak dari satu nilai n, kekasaran komposit  $n_c$  akan dihitung berdasarkan persamaan 2.15 Chow 1959. Kemiringan sisi saluran yang digunakan oleh HEC-RAS didefinisikan sebagai jarak horizontal antara stasiun-stasiun bernilai n yang berdekatan dalam saluran utama atas perbedaan ketinggian kedua stasiun ini (Lihat SL dan SR pada gambar 2.12).



**Gambar 2.11** Definisi Kemiringan Saluran untuk Perhitungan Komposit  $n_c$

Untuk penentuan  $n_c$ , saluran utama dibagi menjadi  $N$  bagian, masing-masing dengan diketahui keliling basah  $P_i$  dan koefisien kekasaran  $n_i$ .

$$n_c = \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (P_i n_i^{1.5})}{P} \right]^{2/3} \quad (2.15)$$

Dimana:

$n_c$  = komposit atau koefisien kekasaran yang setara

$P$  = perimeter basah dari seluruh saluran utama

$P_i$  = perimeter basah subdivisi  $I$

$n_i$  = koefisien kekasaran untuk subdivisi

Komposit  $n_c$  yang dihitung harus diperiksa kewajarannya. Nilai yang dihitung adalah nilai  $n$  saluran utama komposit dalam tabel ringkasan dan keluaran.

### 2.6.9 Penentuan Kedalaman Kritis

Kedalaman kritis untuk penampang akan ditentukan jika salah satu dari kondisi berikut ini terpenuhi:

- 1) Rezim aliran superkritis telah ditentukan.
- 2) Perhitungan kedalaman kritis telah diminta oleh pengguna.
- 3) Ini adalah penampang batas luar dan kedalaman kritis harus ditentukan untuk memastikan kondisi batas yang dimasukkan pengguna dalam rezim aliran yang benar.
- 4) Pemeriksaan angka Froude untuk profil subkritis menunjukkan bahwa kedalaman kritis perlu ditentukan untuk memverifikasi rezim aliran yang terkait dengan ketinggian seimbang.
- 5) Program tidak dapat menyeimbangkan persamaan energi dalam toleransi yang ditentukan sebelum mencapai jumlah iterasi maksimum.

Tinggi energi total untuk penampang ditentukan oleh:

$$H = WS + \frac{aV^2}{2g} \quad (2.16)$$

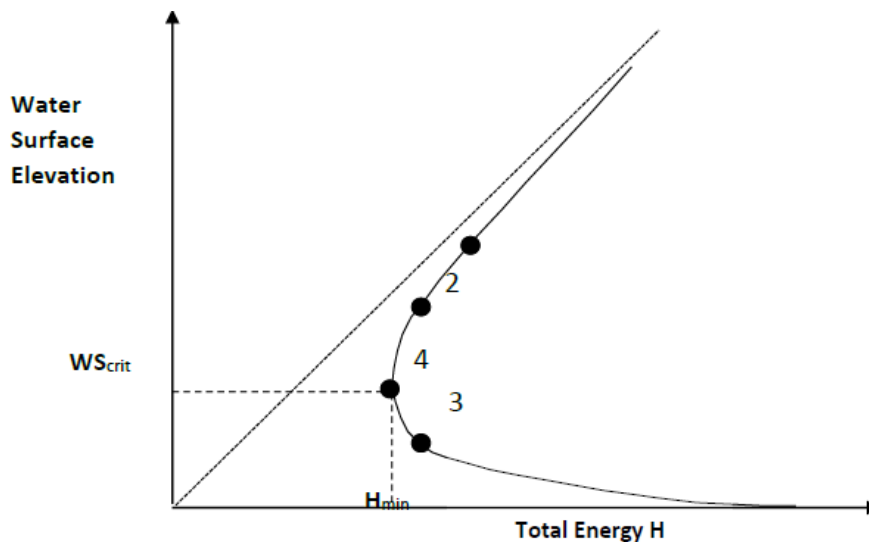
Dimana:

H = Tinggi energi total

WS = Elevasi muka air

$\frac{aV^2}{2g}$  = Velocity head

Elevasi permukaan air kritis adalah elevasi dimana tinggi energi total minimum (yaitu, energi spesifik minimum untuk penampang melintang untuk aliran yang diberikan). Elevasi kritis ditentukan dengan prosedur iteratif dimana nilai WS diasumsikan dan nilai H yang sesuai ditentukan dengan persamaan 2.16 sampai nilai minimum untuk H tercapai.



**Gambar 2.12** Diagram Total Energi H dengan Elevasi WS

Program HEC-RAS memiliki dua metode untuk menghitung kedalaman kritis: metode "parabolic" dan metode "secant". Metode parabolic lebih cepat secara komputasi, tetapi hanya mampu menemukan satu energi minimum. Untuk sebagian besar penampang melintang hanya akan ada satu minimum pada kurva energi total, oleh karena itu metode parabolic telah ditetapkan sebagai metode default (metode default dapat diubah dari antarmuka pengguna). Jika metode parabolic dicoba dan tidak konvergen, maka program secara otomatis akan mencoba metode secant.

Dalam situasi tertentu dimungkinkan untuk memiliki lebih dari satu minimum pada kurva energi total. Beberapa minimum sering dikaitkan dengan penampang melintang yang memiliki jeda pada kurva energi total. Kerusakan ini dapat terjadi karena overbank yang sangat lebar dan datar, serta penampang melintang dengan tanggul dan area aliran yang tidak efektif. Jika metode parabolic digunakan pada penampang melintang yang memiliki beberapa nilai minimum pada kurva energi total, metode tersebut akan menyatu pada nilai minimum pertama yang ditempatkan. Pendekatan ini dapat menyebabkan perkiraan kedalaman kritis yang salah. Jika pengguna berpikir bahwa program salah menemukan kedalaman kritis, maka metode secant harus dipilih dan model harus disimulasikan ulang.

Metode "parabolic" melibatkan penentuan nilai H untuk tiga nilai WS yang diberi jarak pada interval AWS yang sama. WS yang sesuai dengan nilai minimum untuk H, yang ditentukan oleh parabola yang melewati tiga titik pada bidang H versus WS, digunakan sebagai dasar untuk asumsi nilai WS berikutnya. Diasumsikan bahwa kedalaman kritis telah diperoleh ketika ada perubahan kedalaman air kurang dari 0,01 ft. (0,003 m) dari satu iterasi ke iterasi

berikutnya dan asalkan kepala energi tidak berkurang atau meningkat lebih dari 0,01 ft. (0,003 m).

Metode "secant" pertama membuat tabel permukaan air versus energi dengan mengiris penampang menjadi 30 interval. Jika tinggi maksimum penampang (titik tertinggi ke titik terendah) kurang dari 1,5 kali tinggi maksimum saluran utama (dari stasiun bank saluran utama tertinggi ke invert), maka program akan memotong seluruh penampang menjadi 30 interval yang sama. Jika tidak demikian, program menggunakan 25 interval yang sama dari pembalikan ke stasiun bank saluran utama tertinggi, dan kemudian 5 interval yang sama dari saluran utama ke bagian atas penampang. Program kemudian mencari tabel ini untuk lokasi minimum lokal. Ketika suatu titik dalam tabel ditemukan sedemikian rupa sehingga energi untuk permukaan air tepat di atas dan tepat di bawah lebih besar daripada energi untuk permukaan air yang diberikan, maka lokasi umum minimum lokal telah ditemukan. Program kemudian akan mencari minimum lokal dengan menggunakan metode proyeksi kemiringan garis potong. Program akan mengulang untuk minimum lokal tiga puluh kali atau sampai kedalaman kritis telah dibatasi oleh toleransi kesalahan kritis. Setelah minimum lokal ditentukan dengan lebih tepat, program akan terus mencari tabel untuk melihat apakah ada nilai minimum lokal lainnya. Program ini dapat menemukan hingga tiga minimum lokal dalam kurva energi. Jika lebih dari satu minimum lokal ditemukan, program menetapkan kedalaman kritis sama dengan yang memiliki energi minimum. Jika minimum lokal ini disebabkan oleh putusannya kurva energi yang disebabkan oleh limpasan tanggul atau area aliran yang tidak efektif, maka program akan memilih minimum terendah berikutnya pada kurva energi. Jika semua minimum lokal terjadi pada pemutusan kurva energi (disebabkan oleh tanggul dan area aliran yang tidak efektif), maka program akan menetapkan kedalaman kritis ke yang memiliki energi terendah. Jika tidak ditemukan nilai minimum lokal, maka program akan menggunakan elevasi permukaan air dengan energi yang paling sedikit. Jika kedalaman kritis yang ditemukan berada di bagian atas penampang, maka ini mungkin bukan kedalaman kritis yang sebenarnya. Oleh karena itu, program akan menggandakan tinggi penampang dan mencoba lagi. Penggandaan tinggi penampang dilakukan dengan memperluas dinding vertikal pada titik pertama dan terakhir dari penampang. Ketinggian penampang dapat digandakan lima kali sebelum program berhenti mencari.

#### **2.6.10 Hitungan Profil Muka Air Aliran Permanen**

*Steady Flow Water Surface Component.* Program ini berfungsi untuk menghitung profil muka air aliran permanen berubah beraturan (*steady gradually varied flow*). Program mampu

memodelkan jaring sungai, sungai dendritik, maupun sungai tunggal. Regime aliran yang dapat dimodelkan adalah aliran sub-kritik, super-kritik, maupun campuran antara keduanya. Langkah hitungan profil muka air yang dilakukan oleh modul aliran permanen HEC-RAS didasarkan pada penyelesaian persamaan energi. Kehilangan energi dianggap diakibatkan oleh gesekan (Persamaan Manning) dan kontraksi/ekspansi (koefisien dikalikan beda tinggi kecepatan). Persamaan momentum dipakai jika aliran berubah cepat (*rapidly varied flow*), misalnya campuran regime aliran sub-kritik dan super-kritik (*hydraulic jump*), aliran melalui jembatan, aliran di percabangan sungai (*stream junction*). HEC-RAS mampu menghitung pengaruh berbagai hambatan aliran, seperti jembatan (*bridges*), gorong-gorong (*culverts*), bendung (*weirs*), ataupun hambatan di bantaran sungai. HEC-RAS pada aliran permanen dapat pula dipakai untuk perkiraan perubahan muka air akibat perbaikan alur atau pembangunan tanggul.

Keterbatasan hec-ras pada hitungan aliran permanen:

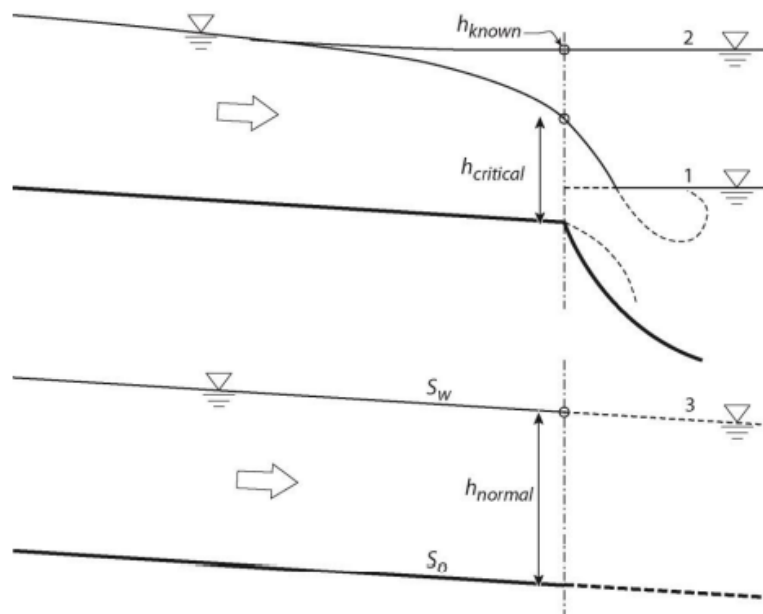
HEC-RAS memiliki beberapa keterbatasan saat dipakai untuk menghitung aliran permanen. Dalam hitungan, HEC-RAS melandaskan diri pada asumsi-asumsi berikut:

- a) aliran permanen,
- b) aliran berubah beraturan (*gradually varied flow*), kecuali di tempat-tempat struktur hidraulik seperti jembatan, gorong-gorong, dan bendung; di tempat-tempat tersebut aliran adalah *rapidly varied flow* dan HEC-RAS memakai persamaan momentum atau persamaan empiris, bukan persamaan energi, untuk menghitung aliran,
- c) aliran adalah satu dimensi (*uni-directional flow*); komponen kecepatan aliran selain komponen searah aliran diabaikan, dan
- d) kemiringan dasar saluran kecil, yaitu lebih kecil daripada 1:10; apabila kemiringan dasar lebih daripada 1:10, kedalaman aliran hasil hitungan HEC-RAS perlu dikoreksi dengan dibagi  $\cos \theta$  ( $\theta$  = sudut kemiringan dasar saluran).

#### **2.6.11 Syarat Batas Kedalaman Aliran di Ujung Hilir Saluran**

Syarat batas kedalaman aliran kritis di batas hilir saluran sering dijumpai. Contoh situasi kedalaman aliran kritis di batas hilir adalah saluran yang berakhir (berujung) di suatu reservoir atau

sungai yang muka airnya berada di bawah kedalaman kritis di saluran. Hal ini diilustrasikan oleh muka air 1 pada Gambar 2.13. Selama muka air di reservoir berada di bawah kedalaman kritis di saluran, maka syarat batas hilir adalah kedalaman kritis, *Critical Depth*. Apabila muka air di reservoir melebihi kedalaman kritis di saluran seperti diilustrasikan oleh muka air 2 pada Gambar 2.13, maka muka air di reservoir haruslah diketahui dan dipakai sebagai syarat batas hilir *Known WS*. Pengguna harus berhati-hati agar tidak memaksakan syarat batas muka air hilir lebih rendah daripada kedalaman kritis. Muka air di hilir minimum sama dengan posisi muka air pada kedalaman kritis. Pada hitungan aliran permanen (*Steady Flow Analysis*), HEC-RAS akan memberikan warning dan mengubah syarat batas hilir menjadi *Critical Depth* jika pengguna menetapkan posisi muka air di batas hilir lebih rendah daripada posisi muka air untuk kedalaman kritis. Namun, pada hitungan aliran tak permanen (*Unsteady Flow Analysis*), kontrol ini sepenuhnya ada pada pengguna.



**Gambar 2.13** Syarat Batas Muka Air di Ujung Hilir Saluran

Situasi aliran yang memerlukan syarat batas kedalaman normal di ujung hilir saluran diilustrasikan oleh muka air 3 pada Gambar 2.13. Kedalaman normal adalah kedalaman aliran pada aliran seragam (uniform flow). Pada aliran seragam, maka muka air sejajar dengan dasar saluran dan dengan demikian kemiringan muka air sama dengan kemiringan dasar saluran,  $S_w = S_o$ . Situasi ini jarang ditemui dalam praktik. Contoh situasi yang membutuhkan syarat batas kedalaman normal di batas hilir saluran adalah jika saluran yang dimodelkan bersambung dengan sebuah ruas saluran yang sangat panjang, relatif lurus, dan bertampang-lintang sama atau mirip dengan tampang lintang di batas hilir saluran yang dimodelkan.

## 2.6.12 Kondisi Batas di HEC-RAS

Pada HEC-RAS, ada 4 tipe kondisi batas (*boundary conditions*) yang dapat dipilih :

- *Known Water Surface Elevations*, untuk kondisi ini pengguna harus memasukan muka air yang diketahui pada setiap profil.
- *Critical Depth*, ketika kondisi batas ini yang dipilih pengguna tidak diminta untuk memasukkan informasi lebih lanjut. Program akan menghitung kedalaman kritis untuk setiap profil dan menggunakannya sebagai kondisi batas
- *Normal Depth*, pengguna diminta untuk memasukkan kemiringan energi yang ingin dipergunakan dalam perhitungan kedalaman normal (persamaan manning) pada lokasi tersebut. Kedalaman normal akan dihitung untuk tiap profil didasarkan pada kemiringan yang telah dimasukkan. Jika kemiringan energi tidak diketahui, pengguna harus memperkirakannya dengan memasukkan salah satu dari kemiringan muka air dan kemiringan dasar saluran.
- *Rating Curve*, pengguna diminta untuk memasukkan kurva elevasi debit. Untuk setiap profil, elevasi ditambahkan dari kurva.



## BAB 3

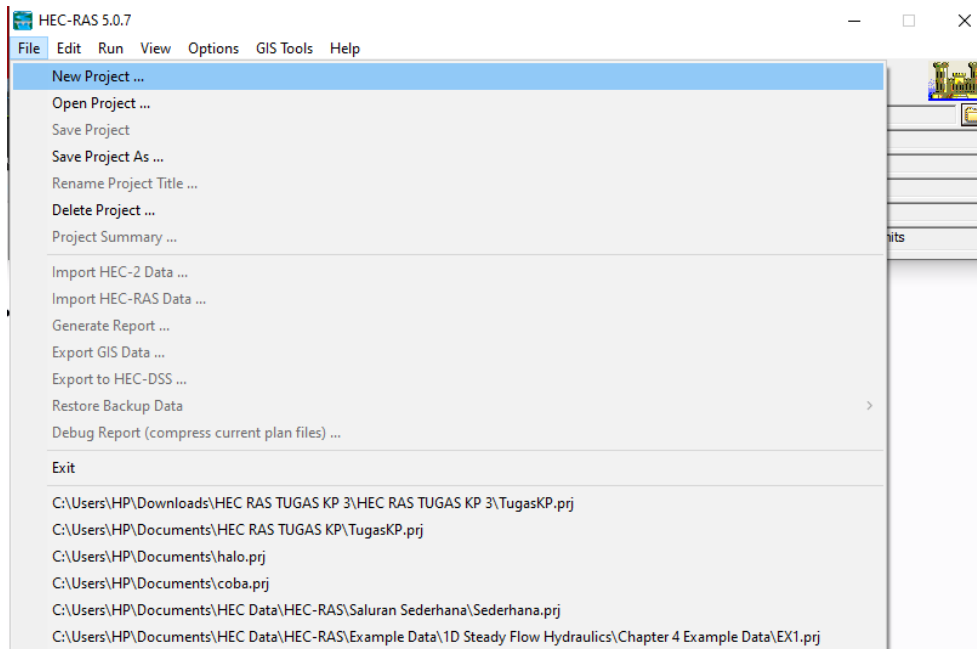
### PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai Langkah-langkah permodelan drainase di aplikasi HEC-RAS, yang akan dijabarkan sebagai berikut:

#### 3.1 Pembuatan File Project

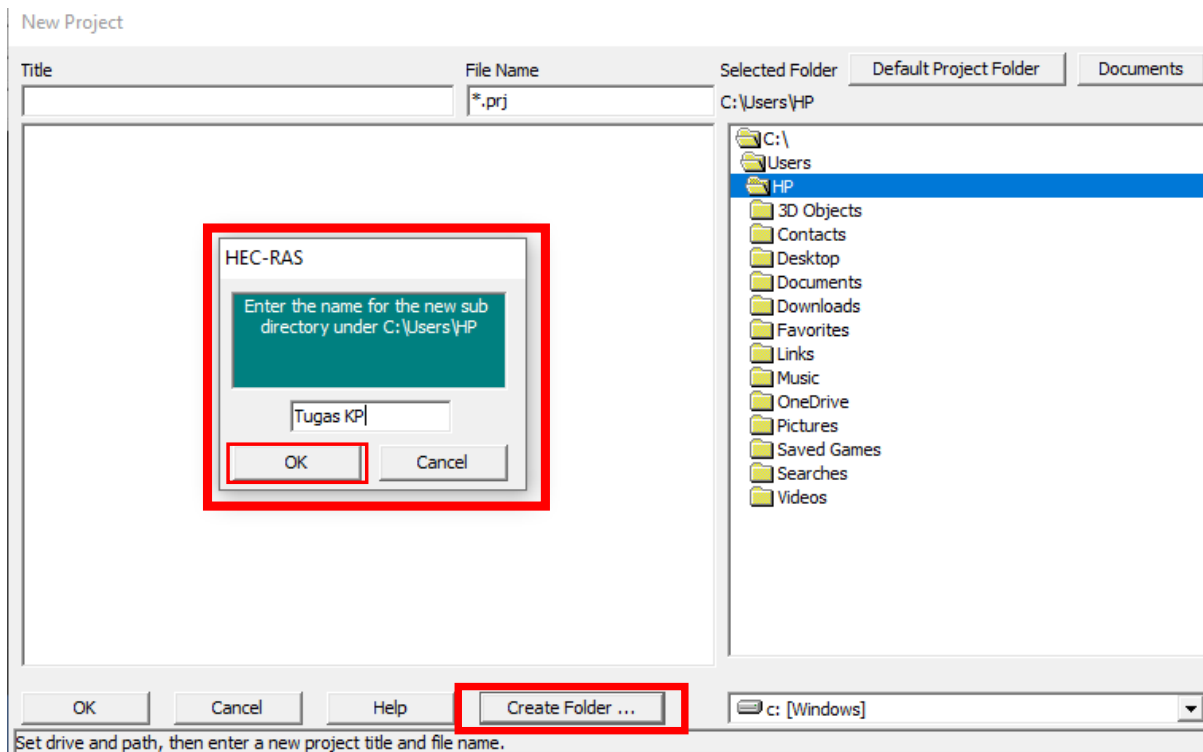
Langkah pertama pemodelan atau hitungan hidraulika dengan HEC-RAS adalah membuat file Project. Suatu model dalam HEC-RAS disimpan dalam sebuah file project. Pemakai menuliskan nama file Project dan HEC-RAS akan memakai nama file project tersebut untuk menamai semua file yang berkaitan dengan model tersebut. Langkah-langkah sebagai berikut:

- a) Buka aplikasi HEC-RAS. Pilih menu **File** → **New Project**



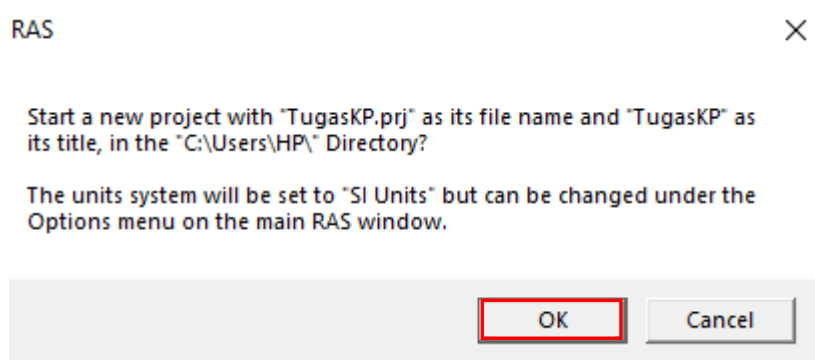
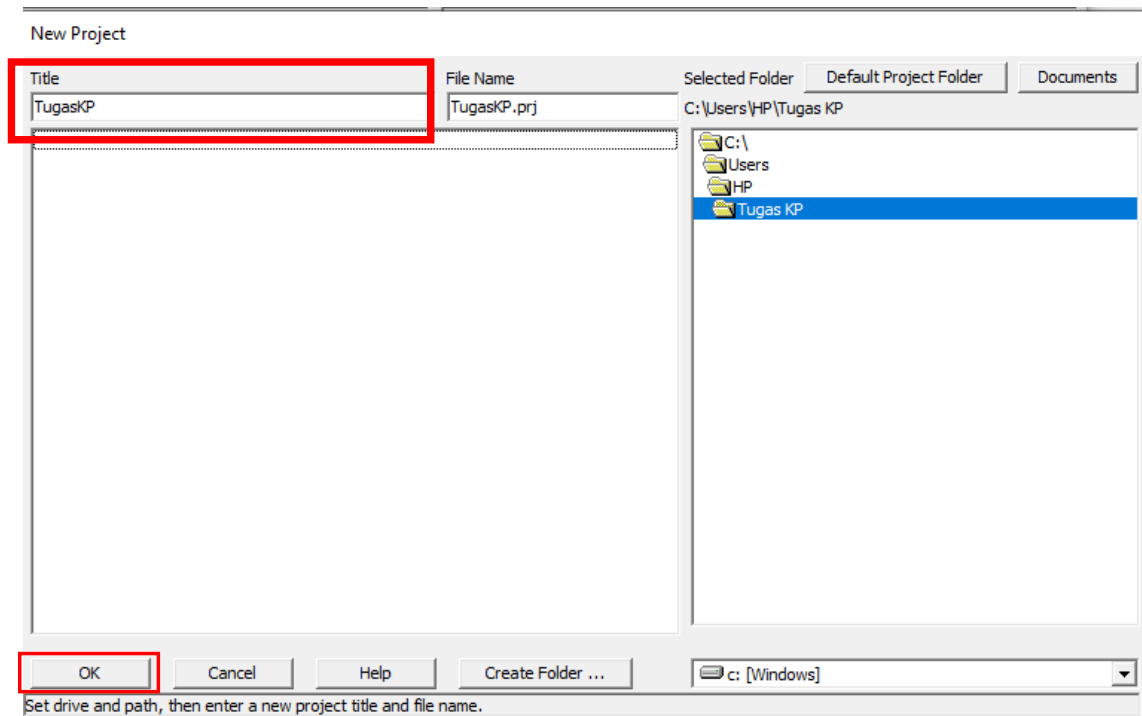
**Gambar 3.1.** Pilihan Menu New Project pada HEC-RAS

- b) Klik tombol **Create Folder** lalu ketik nama folder, di sini penulis menggunakan nama folder Tugas KP lalu klik **OK**.



**Gambar 3.2** Tampilan Create Folder pada HEC-RAS

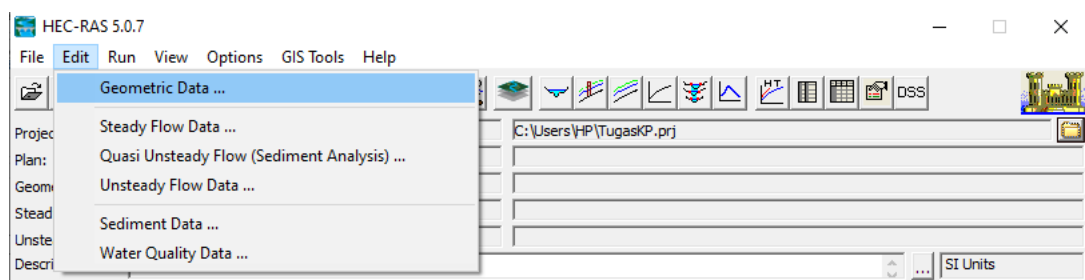
- c) Tuliskan judul project pada tempat yang disediakan dibawah **Title**. Di sini digunakan judul “TugasKP”, lalu klik **OK**. Layar konfirmasi akan muncul, klik **OK** lagi.

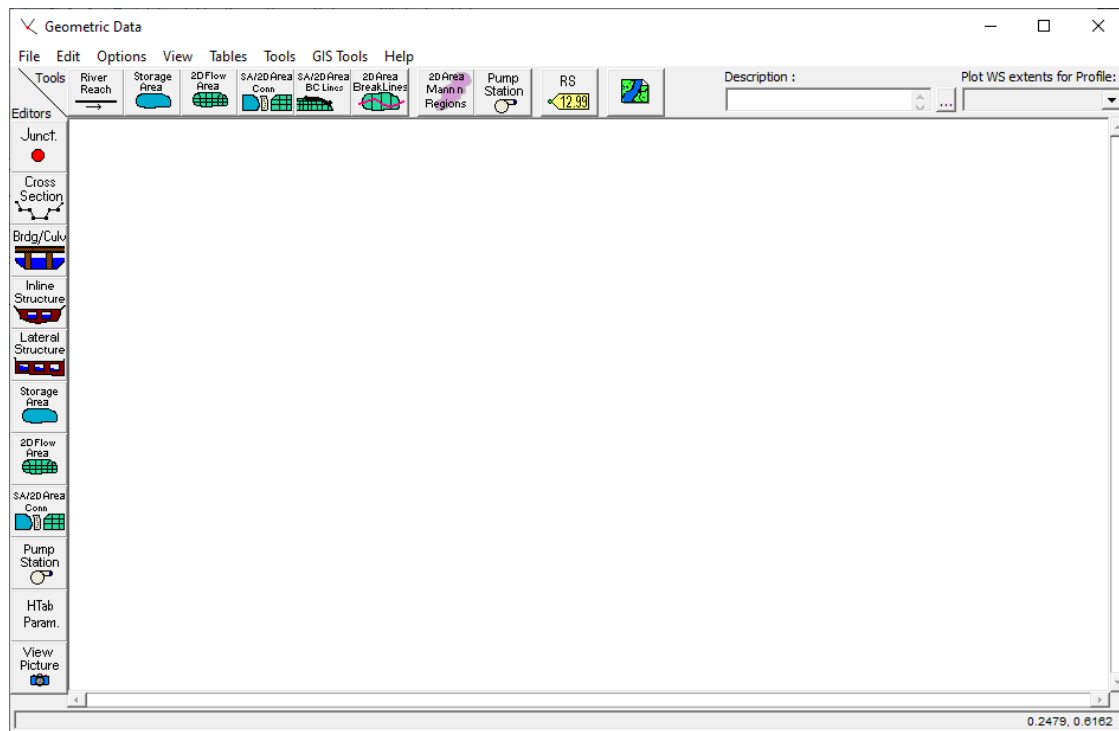


**Gambar 3.3** Penulisan Judul Project pada HEC-RAS

### 3.2 Pembuatan Geometri Saluran

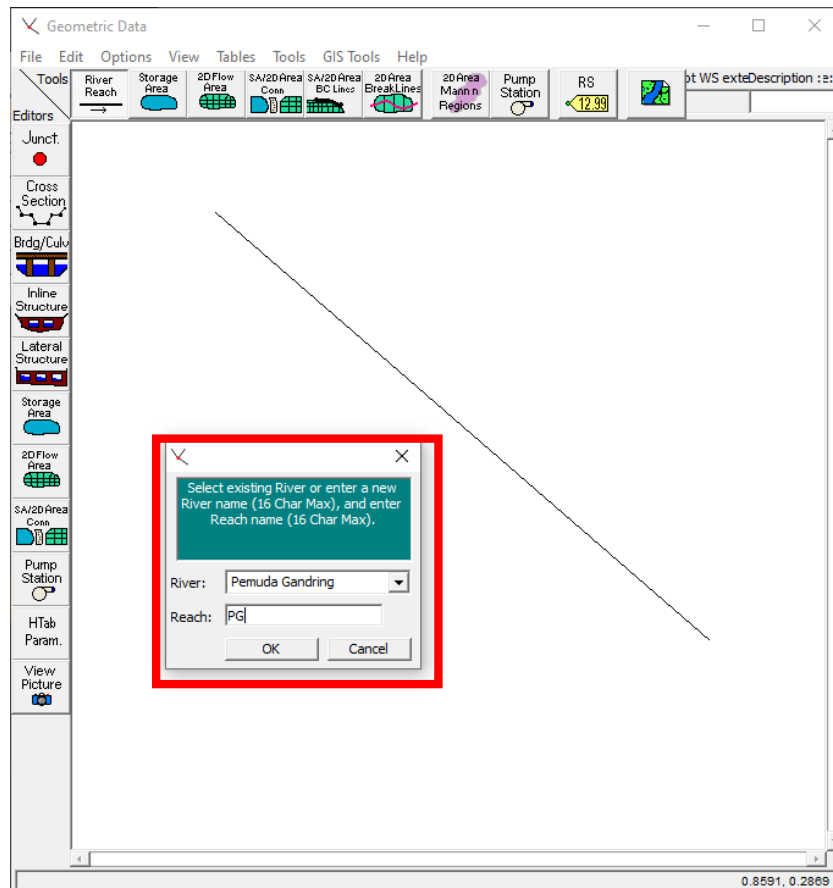
- a) Setelah selesai membuat file project, lalu aktifkan layar editor data geomteri dengan memilih menu **Edit**→ **Geometric Data** lalu akan muncul tab untuk pengeditan data geometri.





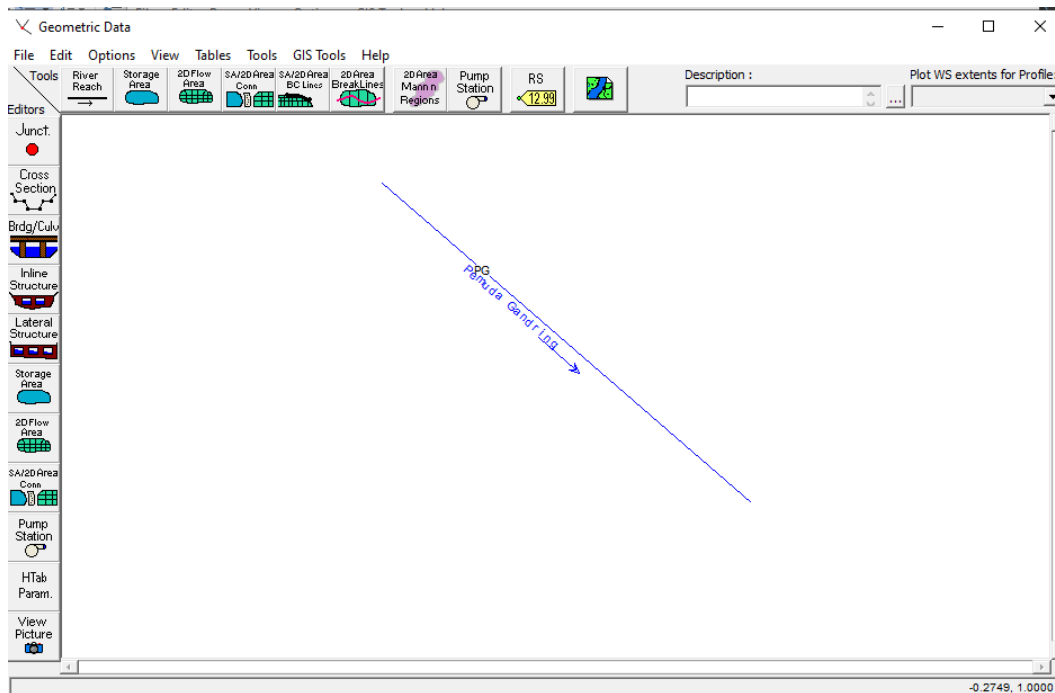
**Gambar 3.4** Tampilan Geometri Data pada HEC-RAS

- b) Klik tombol **River Reach** dan buat skema saluran dengan cara mengklik di layar editor. Karena alur saluran adalah lurus maka skema alur dapat dibuat cukup dengan 2 titik ujung saluran. Klik kursor di layar editor untuk menandai ujung saluran, kemudian tarik garis dan klik 2 kali untuk menandai ujung hilir saluran. Lalu pada layar akan muncul tab penamaan, di sini diisi “Pemuda Gandring” sebagai nama **River** dan “PG” sebagai nama **Reach**. Klik tombol OK.



**Gambar 3.5** Penamaan Sungai pada HEC-RAS

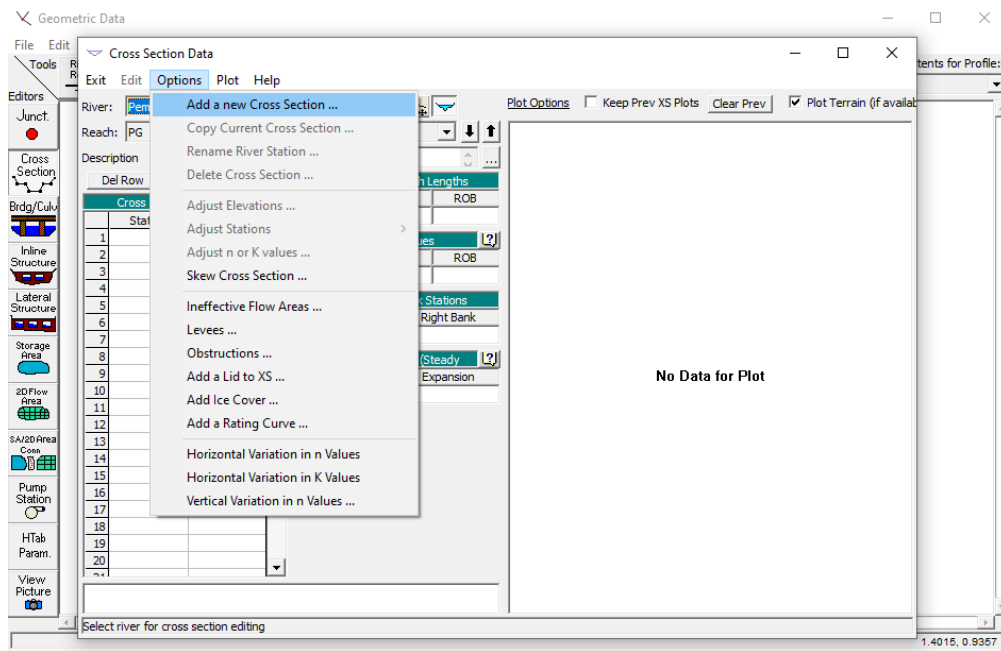
- c) Setelah langkah diatas,pada layar editor tampak sebuah denah alur saluran “Pemuda Gandring” yang memiliki satu ruas “PG”. Anak panah menunjukkan arah aliran dari hulu ke hilir.



**Gambar 3.6** Tampilan Anak Panah Aarah Aliran pada HEC-RAS

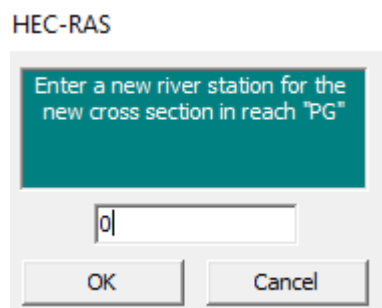
### 3.3 Memasukkan Data Cross Section

- a) Langkah selanjutnya, klik **Cross Section** untuk menambahkan data cross section saluran. Untuk menuliskan data tampang lintang, pilih menu **Options**→**Add a new Cross Section**. Setiap cross section diidentifikasi sebagai River Sta yang diberi nomorurut,dimulai dari hilir dan bertambah besar ke arah hulu.



**Gambar 3.7** Tampilan Add New Cross Section pada HEC-RAS

- b) Di sini dimulai memasukkan cross section dari hilir (STA 3+650) dan untuk River Station diisi 0, karena nomor urut di hilir dimulai dari 0 lalu bertambah ke hulu. Di kolom **Description**, tuliskan STA 3+650.



**Cross Section Data**

Exit Edit Options Plot Help

River: Pemuda Gandring Apply Data Plot Options ☐ Keep Prev XS Plots Clear Prev ☒ Plot Terrain (if available)

Reach: PG River Sta.: 0

Description: STA 3+600

Cross Section Coordinates	
Station	Elevation
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	

Del Row Ins Row

**Downstream Reach Lengths**

LOB	Channel	ROB

**Manning's n Values** [?]

LOB	Channel	ROB

**Main Channel Bank Stations**

Left Bank	Right Bank

**Cont/Exp Coefficient (Steady)** [?]

Contraction	Expansion
0.1	0.3

No Data for Plot

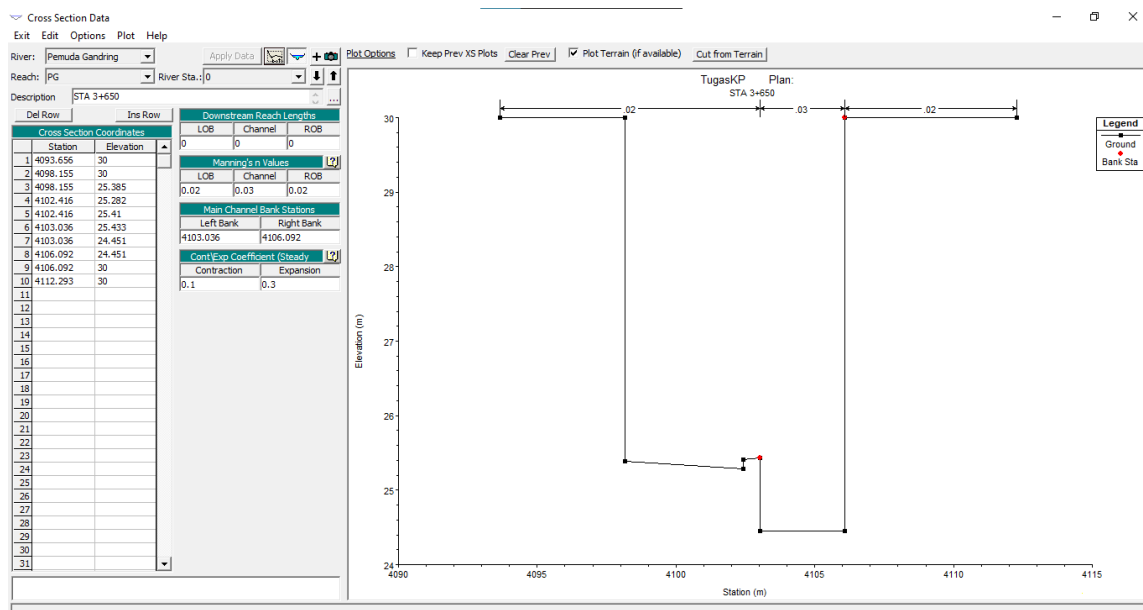
Edit Cross Section Description

**Gambar 3.8.** Tampilan Input Data Cross Section pada HEC-RAS

- c) Tuliskan koordinat titik-titik cross section,urut dari titik paling kiri ke kanan; **Station** adalah jarak kumulatif antara titik elevasi potongan dari titik paling pinggir yang bernilai 0 dan **Elevation** adalah elevasi titik pada station. Untuk River Station “0” data koordinat adalah seperti pada gambar 3.9.
- d) Data selanjutnya adalah **Downstream Reach Lengths** yang merupakan jarak tiap potongan melintang sungai dengan potongan melintang sebelumnya, ada **LOB** (*Left Overbank*), **Channel** (*Main Channel*) dan **ROB** (*Right Overbank*). Di sini diisi 0 karena STA 3+650 terletak di hilir.
- e) Nilai koefisien kekasaran dasar, **Manning’s n Value** adalah sebesar 0,02 (pasangan batu kali) untuk LOB dan ROB dan 0,03 (tanah asli) untuk Channel. Angka koefisien manning tersebut didapatkan dari tabel koefisien manning.
- f) Isian selanjutnya, **Main Channel Bank Stations** merupakan batas tanggul dari saluran atau station titik saluran utama penampang. Untuk **Left Bank** diisikan batas tanggul sebelah kiri yaitu 4103,036 dan **Right Bank** diisikan batas tanggul sebelah kanan yaitu 4106,092.
- g) Data **Cont\Exp Coefficients** dibiarkan sesuai dengan nilai default yang ada di dalam HECRAS, yaitu 0.1 untuk **Contraction** dan 0.3 untuk **Expansion**.

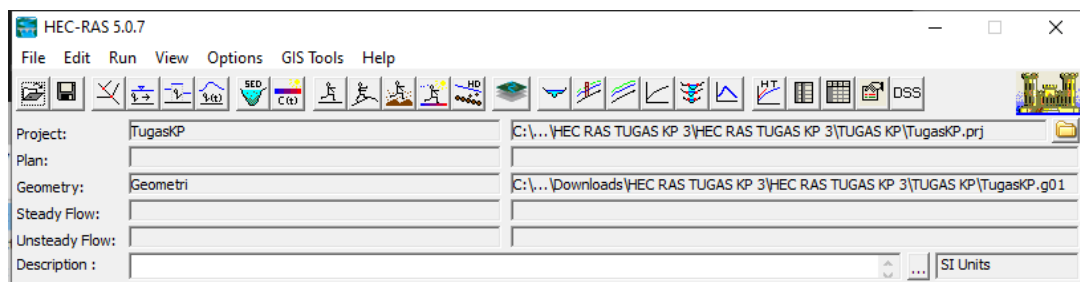


- h) Klik tombol **Apply Data** untuk menyimpan data ke dalam HEC-RAS. Di sisi kanan layar akan ditampilkan gambar tampang lintang seperti ditampilkan pada gambar.



**Gambar 3.9.** Data yang Diinput pada Cross Section HEC-RAS

- i) Lakukan langkah diatas untuk STA lainnya. Setelah itu data geometri saluran disimpan dengan memilih menu **File**→**Save Geometri Data**. Isikan pada Title “Geometri” sebagai judul dari data geometri tersebut lalu klik **OK**. Pada layar utama HEC-RAS akan tampak seperti gambar 3.10.

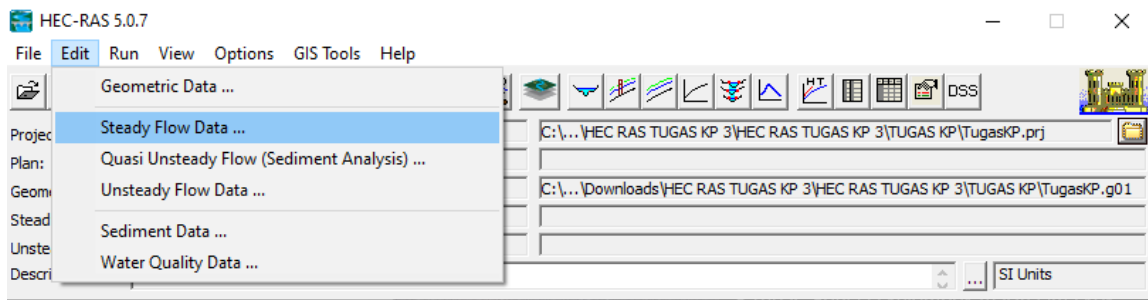


**Gambar 3.10.** Tampilan Setelah Save Geometri Data pada HEC-RAS

### 3.4 Memasukkan Data Aliran

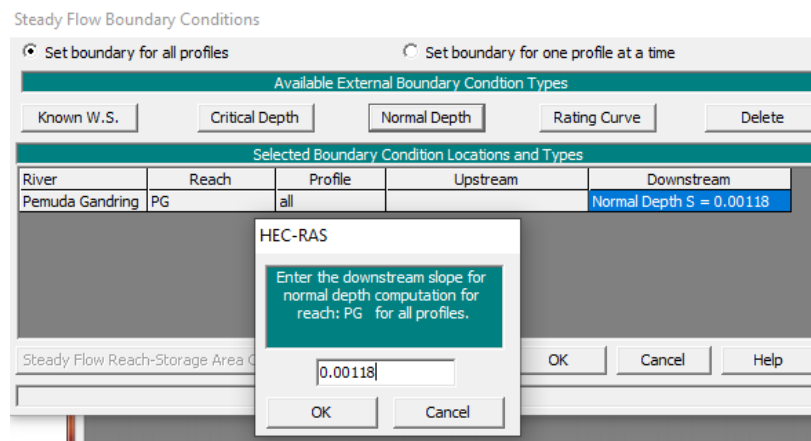
Data aliran yang diperlukan dalam hitungan aliran permanen (*steady flow*), langkah-langkah memasukkan data aliran sebagai berikut:

- a) Aktifkan layar editor data aliran dengan memilih menu **Edit** → **Steady Flow Data**



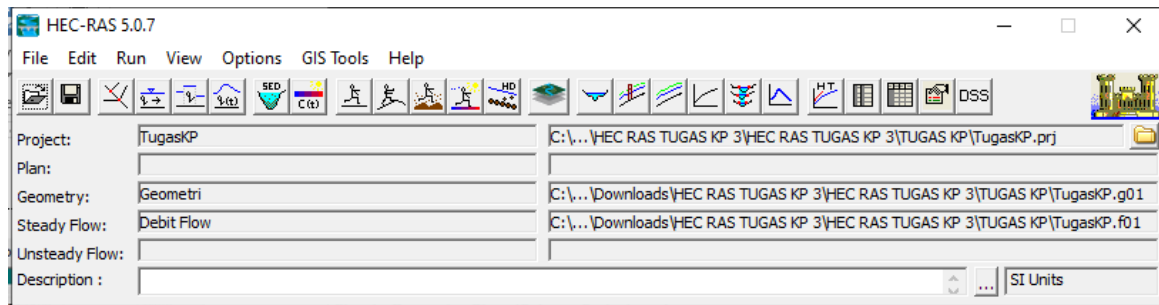
**Gambar 3.11.** Tampilan Option Steady Flow Data pada HEC-RAS

- b) Pada **Enter/Edit Number of Profiles** isikan angka “1” mengingat hanya ada satu profil muka air. Isikan besar debit di kolom **PF1**, disini diisi debit sebesar 0,5 m<sup>3</sup>/s. Untuk **Description**, pada tutorial ini diisi “Debit”
- c) Klik tombol **Reach Boundary Conditions**. Pada downstream, klik **Normal Depth** dan isikan kemiringan dasar saluran , yaitu  $i = \frac{\Delta H}{L} = \frac{24,51 - 24,451}{50} = 0,00118$ , lalu klik **OK**



**Gambar 3.12.** Input Data Normal Depth pada HEC-RAS

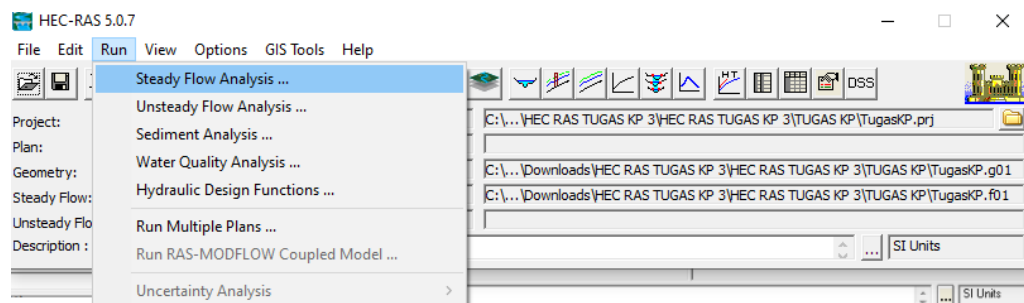
- d) Pada menu utama Steady Flow, klik tombol **Apply Data** dan simpan data aliran dengan klik **File** → **Save Flow Data**, isikan pada **Title** “Debit Flow” sebagai judul dan pastikan bahwa pilihan folder tetap sesuai dengan folder file Project sebelumnya. Pada layar utama HEC-RAS akan tampak seperti gambar di bawah.



**Gambar 3.13.** Tampilan setelah Save Flow Data pada HEC-RAS

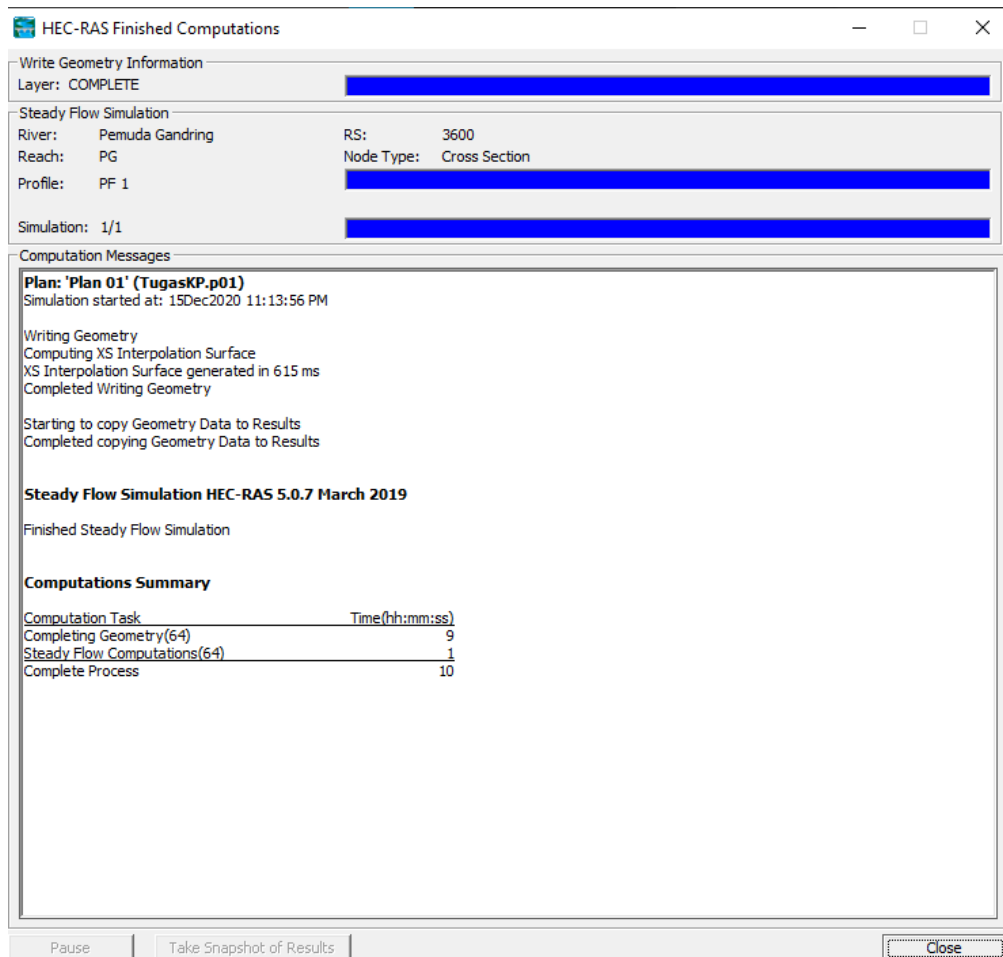
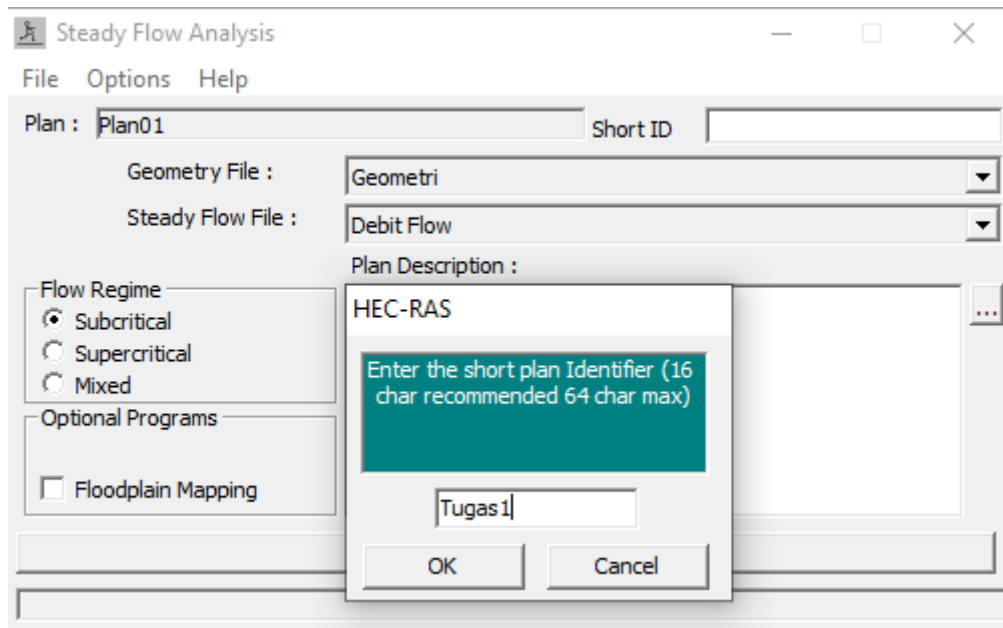
### 3.5 Running program HEC-RAS

- a) Untuk *running* HEC-RAS, pilih menu **Run** → **Steady Flow Analysis**



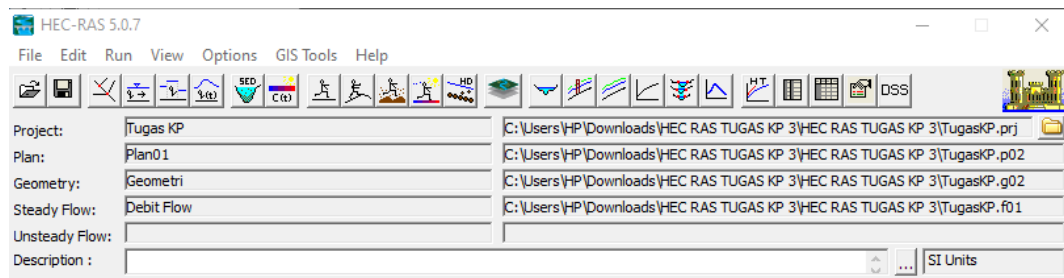
**Gambar 3.14.** Tampilan Option Steady Flow Analysis pada HEC-RAS

- b) Buat file plan baru dengan memilih menu **File** → **New Plan** dan disini pada Title diisi “Plan 01”. Pastikan bahwa pilihan folder tetap sesuai dengan folder file Project, lalu klik OK.
- c) Untuk **short plan identifier**, disini diisi “Tugas1”, lalu klik OK.
- d) Pada layar utama Steady Flow Analysis, pilih **Subcritical** untuk **Flow Regime**. Setelah itu, klik **Compute**, maka HEC-RAS akan segera me-*running* program. Dalam beberapa saat, hitungan selesai seperti ditunjukkan pada gambar 3.15.



**Gambar 3.15.** Tampilan Saat Running Program HEC-RAS

- e) Tutup layar hitungan dengan mengklik tombol **Close**. Pada layar utama HEC-RAS akan tampak seperti pada gambar 3.16.



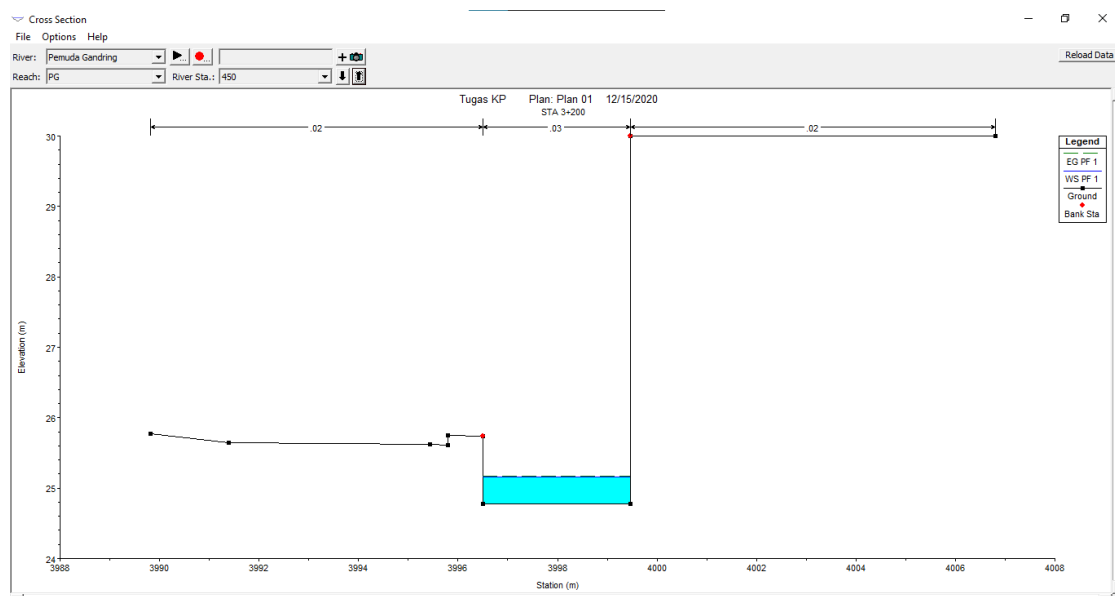
**Gambar 3.16.** Tampilan Setelah Running HEC-RAS

### 3.6 Output dari analisa HEC-RAS

Setelah *running program*, maka HEC-RAS akan menampilkan hasil hitungan dalam bentuk tabel atau grafik. Di bawah ini, dipaparkan langkah-langkah hasil hitungan HEC-RAS.

- **Output Cross-Section**

- a) Pilih menu **View** → **Cross-Sections** untuk menampilkan output cross-section
- b) Pada layar Cross Section, pilih **River Sta.** yang akan ditampilkan dengan mengklik tombol anak panah ke bawah untuk berpindah ke river station hilir dan mengklik tombol anak panah ke atas untuk berpindah ke river station hulu.



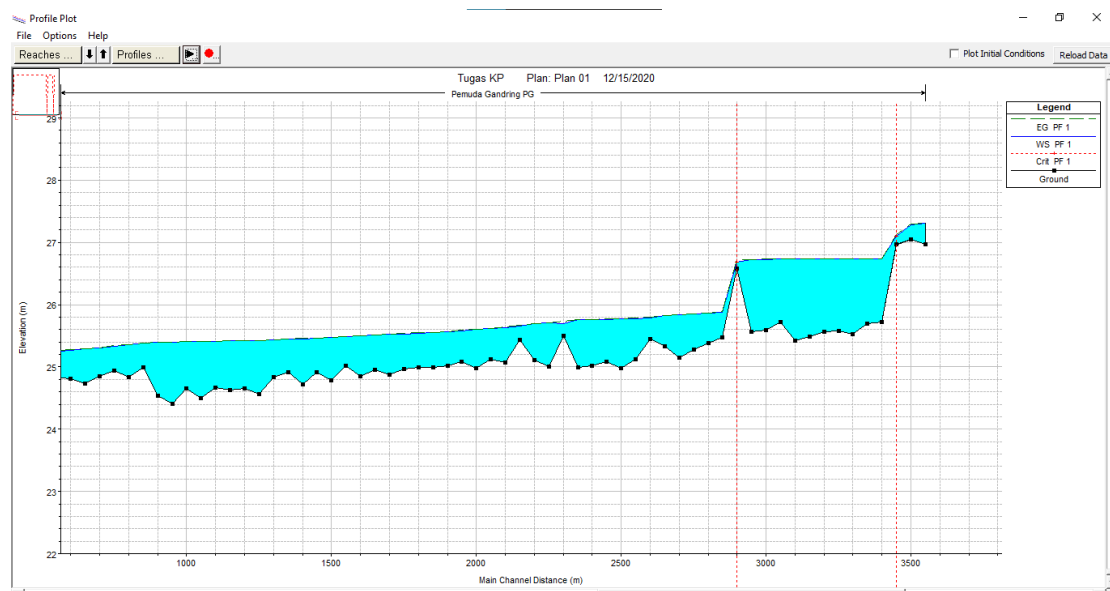
**Gambar 3.17.** Tampilan Grafis Muka Air pada Penampang Melintang Saluran Hasil Analisis Hidrolika Dengan Program HEC-RAS

- c) Grafik hasil hitungan dapat dicopy ke dalam clipboard untuk disisipkan ke dalam dokumen, misal MSWord. Pilih menu **File** → **Copy Plot to Clipboard**.

Dari hasil cross section di atas diperoleh gambaran muka air tertinggi pada penampang melintang saluran. Gambar 3.17 merupakan cross section pada STA 3+200 yang mana diperoleh tinggi muka air banjir sebesar 0,4 meter dan tidak melebihi elevasi tanggul.

- **Output Long Section**

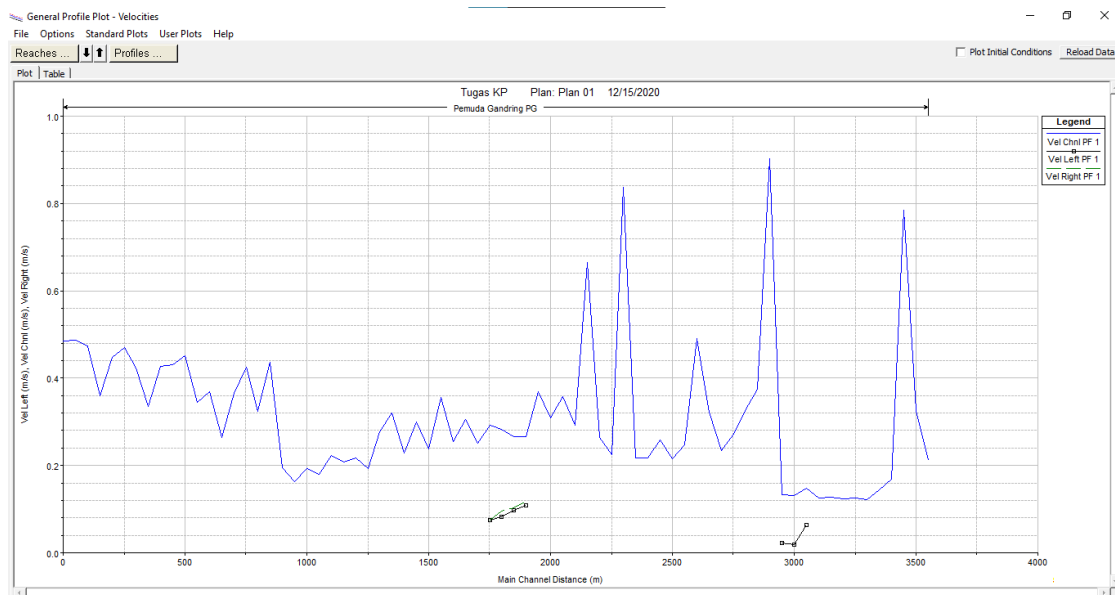
- a) Pilih menu **View** → **Water Surface Profiles** untuk menampilkan output long-section
- b) Tampilan grafik dapat diubah melalui pilihan-pilihan yang disediakan di menu **Options**
- c) Jika gambar terlalu kecil, dapat diubah pada bagian **Options** → **Scaling**



**Gambar 3.18.** Tampilan Grafis Muka Air pada Penampang Memanjang Seluruh Saluran Hasil Analisis Hidrolika Dengan Program HEC-RAS

- **Output Profil Kecepatan Aliran**

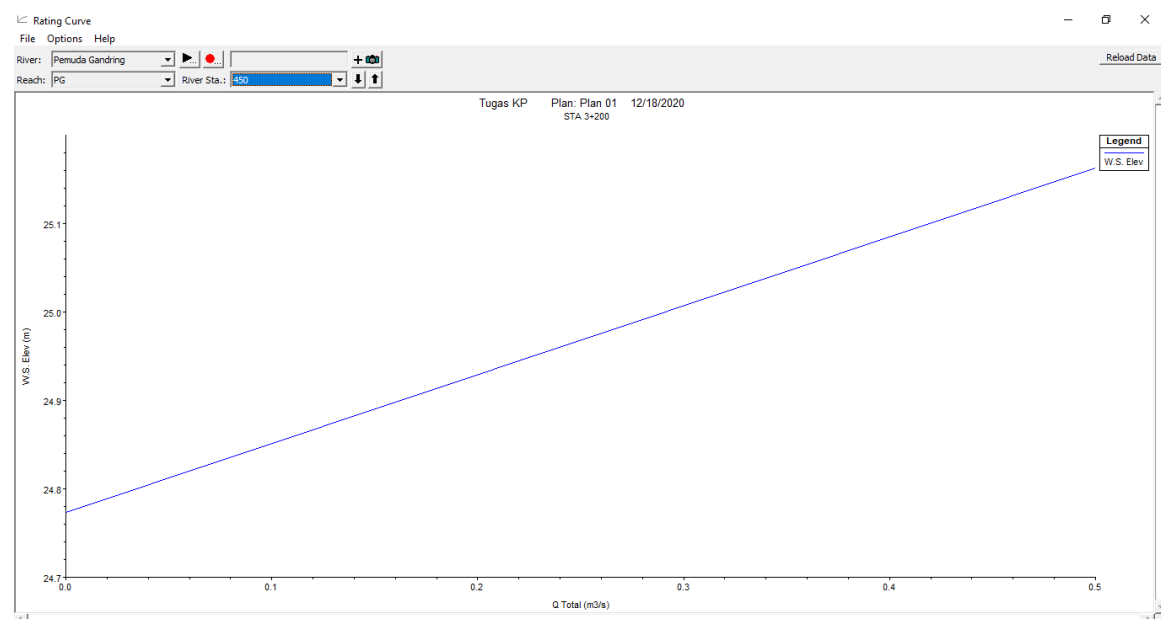
- a) Pilih menu **View** → **General Profile Plot** untuk menampilkan profil kecepatan aliran
- b) Seperti tampilan grafik sebelumnya, Tampilan grafik dapat diubah melalui pilihan-pilihan yang disediakan di menu **Options**
- c) Selain profil kecepatan aliran, pemakai dapat menampilkan profil debit aliran, luas tampang aliran, dan berbagai parameter lain dengan memilihnya melalui menu **Standard Plots**.



**Gambar 3.19.** Tampilan Hasil Grafik Velocity pada HEC-RAS

- **Output Rating Curve**

- Pilih menu **View** → **Rating Curves** untuk menampilkan output rating curve per station.
- Seperti pada tampilan grafik sebelumnya, grafik dapat diubah-ubah berdasarkan pilihan yang ada di **Options**.
- Grafik pada *steady flow* dengan hanya satu nilai debit, maka dihasilkan grafik rating curve yang linear seperti pada gambar 3.20.

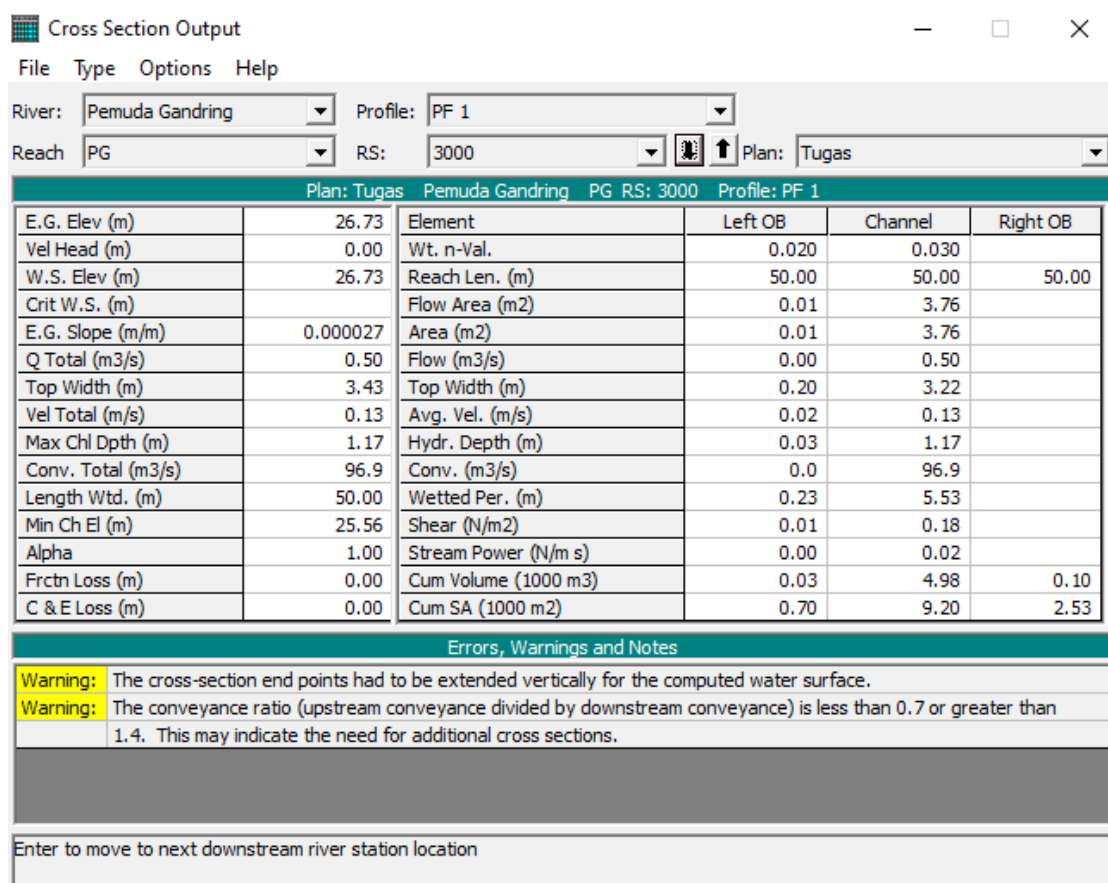


**Gambar 3.20.** Hasil Rating Curve pada Salah Satu Station

- **Output Hitungan dalam Bentuk Tabel**

Presentasi hasil hitungan dalam bentuk tabel dapat dilakukan untuk menampilkan rincian nilai-nilai parameter hidraulika di sebuah tampang lintang, rincian nilai-nilai parameter hidraulika di sepanjang alur (profil panjang), serta catatan, kesalahan, atau peringatan yang muncul dalam proses hitungan. Tabel yang terakhir ini bermanfaat untuk melacak kesalahan yang terjadi dalam proses hitungan. Kesalahan, yang mengakibatkan proses hitungan berhenti, sering terjadi dalam tahap awal pemodelan sistem sungai/saluran yang kompleks. Di bawah ini dipaparkan langkah-langkah untuk menampilkan hasil hitungan dalam bentuk tabel.

- a) Pilih menu **View** → **Detailed Output Tables** untuk menampilkan output hitungan dalam bentuk table



The screenshot shows the 'Cross Section Output' window in HEC-RAS. The window title is 'Cross Section Output'. The menu bar includes 'File', 'Type', 'Options', and 'Help'. The input fields are: River: Pemuda Gandring, Profile: PF 1, Reach: PG, RS: 3000, and Plan: Tugas. The output table displays various hydraulic parameters for the cross-section at station 3000. Below the table is a section for 'Errors, Warnings and Notes' which contains two warnings about the cross-section endpoints and the conveyance ratio. At the bottom, there is a text box with the instruction 'Enter to move to next downstream river station location'.

Plan: Tugas Pemuda Gandring PG RS: 3000 Profile: PF 1					
		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	26.73	Wt. n-Val.	0.020	0.030	
Vel Head (m)	0.00	Reach Len. (m)	50.00	50.00	50.00
W.S. Elev (m)	26.73	Flow Area (m2)	0.01	3.76	
Crit W.S. (m)		Area (m2)	0.01	3.76	
E.G. Slope (m/m)	0.000027	Flow (m3/s)	0.00	0.50	
Q Total (m3/s)	0.50	Top Width (m)	0.20	3.22	
Top Width (m)	3.43	Avg. Vel. (m/s)	0.02	0.13	
Vel Total (m/s)	0.13	Hydr. Depth (m)	0.03	1.17	
Max Chl Dpth (m)	1.17	Conv. (m3/s)	0.0	96.9	
Conv. Total (m3/s)	96.9	Wetted Per. (m)	0.23	5.53	
Length Wtd. (m)	50.00	Shear (N/m2)	0.01	0.18	
Min Ch El (m)	25.56	Stream Power (N/m s)	0.00	0.02	
Alpha	1.00	Cum Volume (1000 m3)	0.03	4.98	0.10
Frctn Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	0.70	9.20	2.53
C & E Loss (m)	0.00				

**Errors, Warnings and Notes**

**Warning:** The cross-section end points had to be extended vertically for the computed water surface.

**Warning:** The conveyance ratio (upstream conveyance divided by downstream conveyance) is less than 0.7 or greater than 1.4. This may indicate the need for additional cross sections.

Enter to move to next downstream river station location

**Gambar 3.21.** Output Tabel Cross Section pada HEC-RAS



- b) Pemakai dapat memilih profil maupun tampang lintang yang ditampilkan dengan mengklik tombol **Profiles** atau **RS**
- c) Tabel dapat direkam ke dalam clipboard dengan memilih menu **File** → **Copy to Clipboard (Data and Headings)**, untuk kemudian dapat disisipkan ke dalam program aplikasi lain, misal ke dalam MSWord
- d) Selain tabel hasil hitungan di sebuah tampang lintang, tabel hasil hitungan di seluruh alur (tampang panjang) saluran dapat pula ditampilkan dengan memilih menu **View** → **Profile Summary Table** seperti pada gambar 3.22.

Profile Output table - Standard table 1

File Options Std. Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: Tugas River: Pemuda Gandring Reach: PG Profile: PF 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
PG	3600	PF 1	0.50	26.97	27.31		27.31	0.000255	0.21	2.36	8.85	0.13
PG	3550	PF 1	0.50	27.05	27.28		27.29	0.001203	0.33	1.53	9.85	0.26
PG	3500	PF 1	0.50	26.96	27.10	27.10	27.13	0.022308	0.79	0.64	10.00	0.99
PG	3450	PF 1	0.50	25.72	26.74		26.74	0.000050	0.17	2.98	2.94	0.05
PG	3400	PF 1	0.50	25.70	26.74		26.74	0.000034	0.14	3.47	3.34	0.05
PG	3350	PF 1	0.50	25.52	26.74		26.74	0.000021	0.12	4.13	3.41	0.04
PG	3300	PF 1	0.50	25.57	26.74		26.74	0.000023	0.13	3.97	3.41	0.04
PG	3250	PF 1	0.50	25.56	26.73		26.73	0.000022	0.12	4.04	3.44	0.04
PG	3200	PF 1	0.50	25.49	26.73		26.73	0.000024	0.13	3.91	3.15	0.04
PG	3150	PF 1	0.50	25.42	26.73		26.73	0.000023	0.13	3.98	3.03	0.03
PG	3100	PF 1	0.50	25.72	26.73		26.73	0.000034	0.15	3.41	3.51	0.05
PG	3050	PF 1	0.50	25.60	26.73		26.73	0.000026	0.13	3.81	3.50	0.04
PG	3000	PF 1	0.50	25.56	26.73		26.73	0.000027	0.13	3.76	3.43	0.04
PG	2950	PF 1	0.50	26.58	26.68	26.68	26.72	0.021298	0.90	0.55	6.77	1.01
PG	2900	PF 1	0.50	25.47	25.88		25.89	0.000561	0.37	1.34	3.29	0.19
PG	2850	PF 1	0.50	25.39	25.86		25.86	0.000365	0.33	1.54	3.26	0.15
PG	2800	PF 1	0.50	25.28	25.85		25.85	0.000209	0.27	1.85	3.25	0.11
PG	2750	PF 1	0.50	25.15	25.84		25.84	0.000133	0.23	2.13	3.09	0.09
PG	2700	PF 1	0.50	25.33	25.83		25.83	0.000342	0.32	1.56	3.15	0.15
PG	2650	PF 1	0.50	25.45	25.79		25.80	0.001203	0.49	1.02	3.02	0.27
PG	2600	PF 1	0.50	25.12	25.78		25.78	0.000155	0.25	2.02	3.05	0.10
PG	2550	PF 1	0.50	24.98	25.77		25.78	0.000102	0.22	2.32	2.92	0.08
PG	2500	PF 1	0.50	25.09	25.77		25.77	0.000166	0.26	1.93	2.94	0.10
PG	2450	PF 1	0.50	25.02	25.76		25.76	0.000103	0.22	2.31	3.23	0.08
PG	2400	PF 1	0.50	25.00	25.75		25.76	0.000106	0.22	2.30	3.04	0.08
PG	2350	PF 1	0.50	25.50	25.70		25.74	0.006243	0.84	0.60	2.93	0.59
PG	2300	PF 1	0.50	25.00	25.71		25.71	0.000118	0.22	2.23	3.16	0.09
PG	2250	PF 1	0.50	25.11	25.70		25.70	0.000193	0.26	1.90	3.26	0.11
PG	2200	PF 1	0.50	25.43	25.65		25.67	0.003503	0.66	0.75	3.40	0.45
PG	2150	PF 1	0.50	25.07	25.63		25.64	0.000252	0.29	1.71	3.02	0.12
PG	2100	PF 1	0.50	25.12	25.61		25.62	0.000436	0.36	1.40	2.81	0.16
PG	2050	PF 1	0.50	24.98	25.60		25.60	0.000275	0.31	1.61	2.61	0.13
PG	2000	PF 1	0.50	25.09	25.58		25.58	0.000476	0.37	1.35	2.76	0.17
PG	1950	PF 1	0.50	25.02	25.56		25.57	0.000218	0.27	2.38	16.71	0.11

Total flow in cross section.

**Gambar 3.22.** Tabel Hasil Analisa Hidrolika Keseluruhan Station

- e) Pemakai dapat memilih salah satu dari beberapa jenis tabel yang disediakan pada menu **Std. Tables**.
- f) Pemakai dapat membuat tabel sendiri. Pilih menu **Options** → **Define Table** untuk menyusun butir-butir parameter aliran yang ingin ditampilkan dalam tabel. Perekaman tabel ke dalam clipboard juga dapat dilakukan, yaitu melalui menu **File** → **Copy to Clipboard**.

Create a Table Heading

Select Variables | Additional Options |

Table Column Headings					
Column	1	2	3	4	5
Variable	Top Width Act	Area	Vel Total	W.S. Elev	Base WS
Units	(m)	(m2)	(m/s)	(m)	(m)
Decimal Pts	2	2	2	2	2

◀ ▶

Delete Column Insert Column Clear All Table Headings

Available Variables Filter:

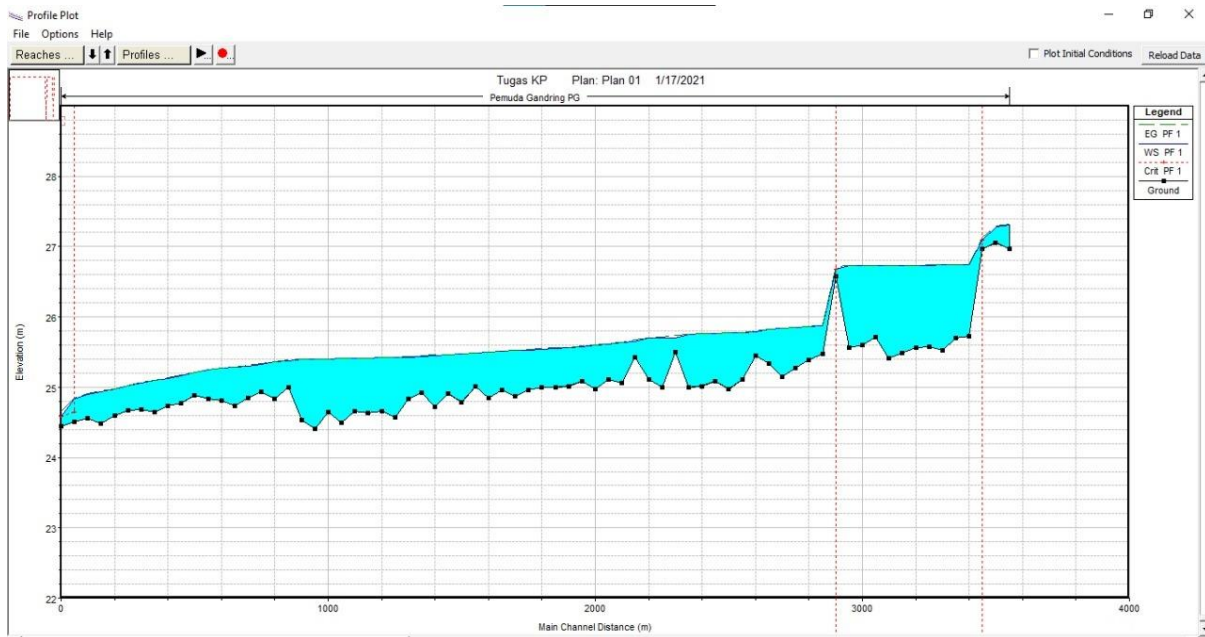
# Barrels	Number of barrels in a culvert.
Alpha	Alpha - energy weighting coefficient.
Area	Flow area of the entire cross section including ineffective flow.
Area Channel	Flow area of the main channel including ineffective flow.
Area Left	Flow area of the left overbank including ineffective flow.
Area Right	Flow area of the right overbank including ineffective flow.
Base WS	Water surface for first profile (used in comparison of encroachments).
Beta	Beta - momentum weighting coefficient.
BR Open Area	Total area of the entire bridge opening.
BR Open Vel	Average velocity inside the bridge opening (Maximum of BU and BD).
BR Sel Method	Selected bridge method.
BR Sluice Coef	Bridge Sluice Flow Coefficient.
Breach Avg Velocit	Average flow velocity through a breach.
Breach Bottom El	Bottom Elevation of weir breach.
Breach CL	Center line of weir breach.
Breach Flow Area	Flow area through a breach.
Breach SSL	Left side slope of weir breach.
Breach SSR	Right side slope of weir breach.

OK Cancel

**Gambar 3.23.** Tampilan untuk Mengedit Jenis Tabel Output yang dipilih

- **Output dari Simulasi Critical Depth**

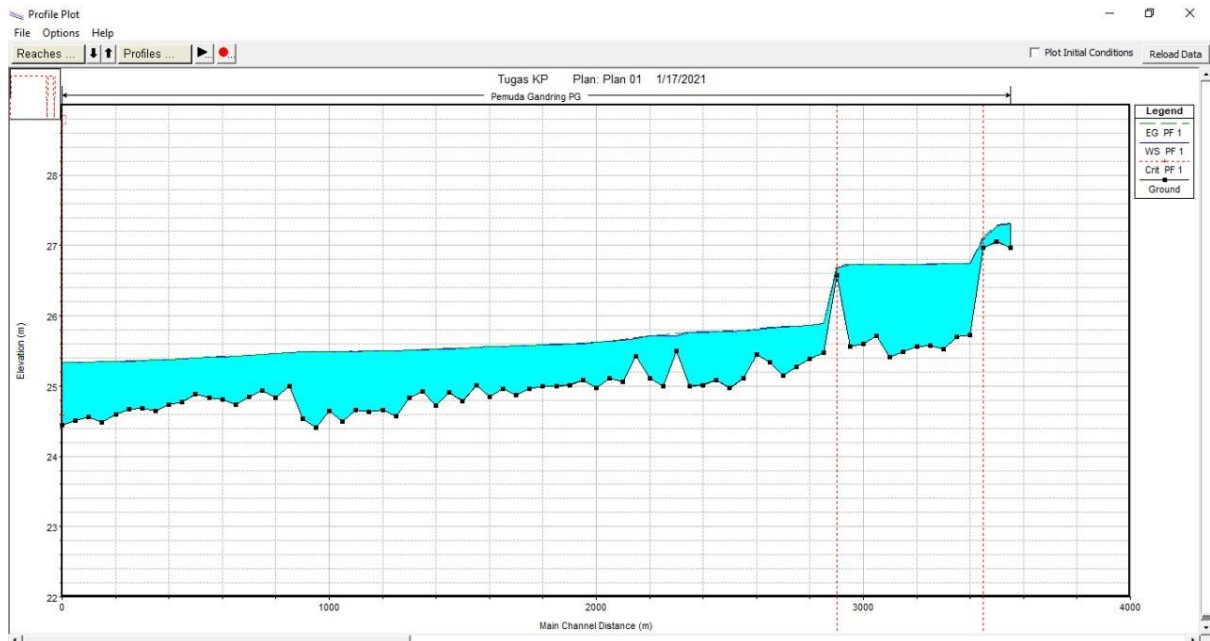
Pada output simulasi ini diperoleh profil muka air kritis pada setiap section saluran.



**Gambar 3.24.** Tampilan Grafis Muka Air pada Penampang Memanjang Seluruh Saluran Hasil Analisis Hidrolika Dengan Program HEC-RAS pada Simulasi Critical Depth

- **Output dari Simulasi Known W.S.**

Pada output simulasi ini, muka air tidak sampai pada saluran paling hilir. Di saluran hilir, muka air di saluran sebesar 0 m atau bisa dibilang tidak ada air sama sekali di bagian paling hilir.



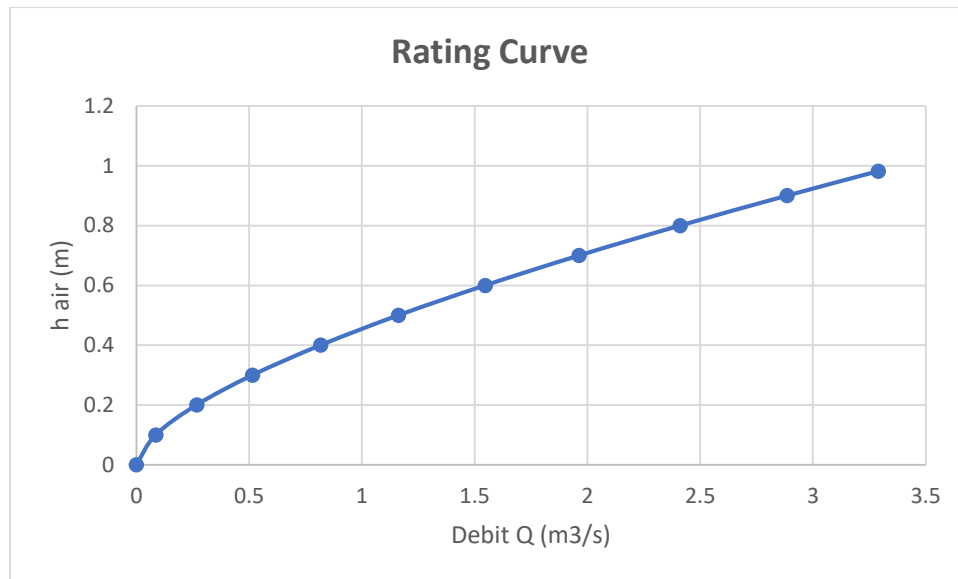
**Gambar 3.24.** Tampilan Grafis Muka Air pada Penampang Memanjang Seluruh Saluran Hasil Analisis Hidrolika Dengan Program HEC-RAS pada Simulasi Known W.S.

- **Output dari Simulasi Rating Curve**

Data rating curve yang dimasukkan dalam HEC-RAS adalah sebagai berikut:

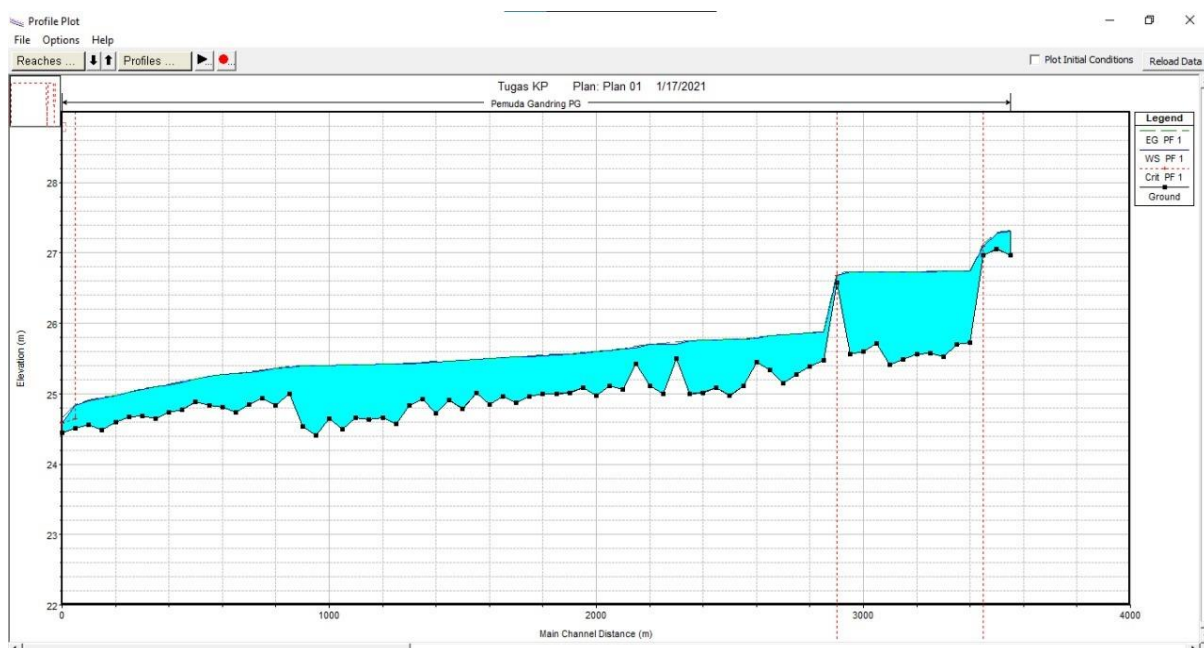
**Tabel 3.1** Perhitungan Rating Curve Saluran

h air (m)	A(m)	P(m)	R(m)	n	1/n	i	Q(m <sup>3</sup> /s)
0	0	0	0	0	0	0	0
0.1	0.306	6.312	0.048479	0.02	50	0.0018	0.086304
0.2	0.611	6.512	0.093827	0.02	50	0.0018	0.267628
0.3	0.917	6.712	0.136621	0.02	50	0.0018	0.516005
0.4	1.223	6.913	0.176913	0.02	50	0.0018	0.817597
0.5	1.528	7.113	0.214818	0.02	50	0.0018	1.162635
0.6	1.834	7.312	0.250821	0.02	50	0.0018	1.547323
0.7	2.139	7.512	0.284744	0.02	50	0.0018	1.963905
0.8	2.445	7.712	0.317038	0.02	50	0.0018	2.411532
0.9	2.751	7.913	0.347656	0.02	50	0.0018	2.885336
0.982	3.001	8.076	0.371595	0.02	50	0.0018	3.290425



**Gambar 3.24** Grafik Rating Curve Saluran

Sehingga didapatkan output long section seperti gambar 3.25. Seperti terlihat pada gambar, hasil dari long section pada simulasi ini sama hasilnya dengan simulasi critical depth.



**Gambar 3.25.** Tampilan Grafis Muka Air pada Penampang Memanjang Seluruh Saluran Hasil Analisis Hidrolika Dengan Program HEC-RAS pada Simulasi Rating Curve

## **BAB 4**

### **PENUTUP**

#### **4.1 Kesimpulan**

Manfaat dilakukannya analisa saluran drainase dengan aplikasi HEC-RAS adalah salah satunya untuk mengetahui elevasi muka air serta profil aliran yang terjadi sehingga dapat diketahui debit maksimal yang dapat ditampung oleh saluran tersebut.

Pada laporan ini, debit yang dapat ditampung pada saluran drainase Pemuda Gandring sehingga tidak menimbulkan luapan adalah sebesar  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dimensi saluran dapat diperbesar agar dapat menampung kapasitas lebih besar. Pada aliran *steady* dengan hanya memasukkan satu nilai debit, maka akan dihasilkan grafik *rating curve* yang linear.

Kemudahan dalam menggunakan program HEC-RAS diantaranya :

- a) Dapat melakukan *import* peta daerah saluran sehingga mudah untuk menggambar geometri saluran.
- b) Data yang diperlukan untuk analisa hanya berupa data debit dan geometri saluran.
- c) Jika terjadi kesalahan pada *input* data, program akan memberi respon mengenai bagian yang salah.

Sementara itu, kesulitan dalam menggunakan program HEC-RAS adalah :

- a) Banyak fitur-fitur di dalam aplikasi sehingga harus dipelajari satu persatu.
- b) Dalam memasukkan data koordinat penampang saluran harus teliti agar program dapat di-*run*.

#### **4.2 Saran**

Perlu diperhatikan untuk elevasi pada *cross section*, bagian yang bukan merupakan saluran utama dan memiliki elevasi lebih rendah atau sama dengan saluran, maka lebih baik tidak perlu dimasukkan ke dalam data koordinat. Karena jika di-*running* maka tampilan muka air tertinggi akan mengisi bagian tersebut. Perlu diperhatikan juga untuk setiap koordinat sesuai dengan data *cross section* asli, karena jika terdapat kesalahan sedikit saja, program akan tidak memberi respon ketika di-*running*.

Tidak semua orang dapat mengoperasikan HEC-RAS, diperlukan kemampuan dasar yang harus dikuasai agar bisa mengoperasikan aplikasi HEC-RAS ini. Syarat minimal untuk mengoperasikan HEC-RAS adalah sebagai berikut:

1. Memahami ilmu hidrologi

Ilmu hidrologi diperlukan untuk analisa pada HEC-RAS yaitu pada analisis debit banjir. Salah satu data yang diperlukan untuk analisa hidrolika pada HEC-RAS yaitu input debit banjir. Debit banjir dapat didapatkan dari data curah hujan yang dianalisa sehingga menghasilkan suatu keluaran debit. Oleh karena itu, untuk menganalisa data hujan tersebut diperlukan orang yang memahami perhitungan tersebut.

2. Memahami ilmu hidrolika

Ilmu hidrolika adalah inti dari analisa pada HEC-RAS ini sehingga pengguna aplikasi HEC-RAS harus paham agar tidak terjadi kesalahan analisa. Ilmu hidrolika yang diperlukan seperti persamaan energi, koefisien manning saluran, profil aliran pada saluran, dan ilmu hidrolika lain yang mendukung pengoperasian HEC-RAS.

3. Memahami ilmu geomatika

Dalam menganalisa saluran dengan HEC-RAS, input data pertama kali yaitu input data geometri berupa data layout tampak atas dan data cross section saluran. Untuk mendapatkan data tersebut dapat dilakukan dengan mempelajari GIS. GIS (Geographic Information System) adalah system/alat untuk membuat peta secara digital dengan mengikut sertakan data-data atribut/keterangan/data tabular dari peta tersebut sehingga dari setiap peta terdapat sebuah link yang menuju data atributnya. Dalam GIS suatu objek ditentukan oleh posisi objek (x,y) dan akan berkaitan langsung dengan atribut tematik.

## DAFTAR PUSTAKA

Aliansyah A M, 2017. Analisis Hidrolika Aliran Sungai Bolifar dengan Menggunakan HEC-RAS. *Skripsi*. Universitas Hasanuddin.

HEC, 2016. *HEC RAS Hydraulc Reference Manual*, US Army Corps of Engineer, Davis, California.

Yansyah R A, Kusumastuti D I, dan Tugiono Subuh, 2015. Analisa Hidrologi dan Hidrolika Saluran Drainase Box Culvert di Jalan Antasari Bandar Lampung Menggunakan Program Hec-Ras. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*. 3(1). Pp 1 – 12. Universitas Lampung.

Putra R R, Fauzi M, dan Sutikno S, 2019. Model Hidrolika untuk Simulasi Profil Muka Air pada Sungai Sibinail Kabupaten Pasaman. *Jurnal Teknik*. 13(1). Pp 87 – 94. Universitas Riau.

Dwijaya, A, 2014. Evaluasi Drainase Perkotaan dengan Metode HECRAS di Kota Nanga Bulik, Lamandau Propinsi Kalimantan Tengan. *Jurnal Rekayasa Sipil*. 2(2).

Istianto, 2014. Simulasi Aliran 1-Dimensi dengan Bantuan Paket Program Hidrodinamika HEC-RAS. *Modul Pelatihan*.

[https://dsdap.bantenprov.go.id/upload/Advetorial/1.%2018%20Pengertian%20Hidrologi%20dan%20Siklus%20Hidrologi%20RDA\\_EDITOR.pdf](https://dsdap.bantenprov.go.id/upload/Advetorial/1.%2018%20Pengertian%20Hidrologi%20dan%20Siklus%20Hidrologi%20RDA_EDITOR.pdf)

<https://www.atobasahona.com/2018/08/pengertian-tujuan-fungsi-jenis-dan-bentuk-drainase.html>

<https://maria.co.id/sistem-drainase/>

<https://www.elmusipil.com/2018/03/08/hec-ras/>